

SERVOTEKNIikka TOISEN ASTEEN AUTOMAATIOTEKNIIKAN OPETUKSESSA

Jaakko Korkonen

Opinnäytetyö
5 / 2011

Automaatioteknologian koulutusohjelma

Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



| | | |
|---|----------------------------------|---|
| Tekijä KORKONEN, Jaakko | Julkaisun laji Opinnäytetyö | Päivämäärä 8.04.2011 |
| | Sivumäärä 69 | Julkaisun kieli Suomi |
| | Luottamuksellisuus () saakka | Verkojulkaisulupa myönnetty (x) |
| Työn nimi SERVOTEKNIikka TOISEN ASTEEN SÄHKÖALAN AUTOMAATIOTEKNIIKAN OPETUKSESSA | | |
| Koulutusohjelma Automaatioteknologian koulutusohjelma, ylempi amk. | | |
| Työn ohjaaja(t) RANTAPUSKA, Seppo SELOSMÄÄ, Seppo | | |
| Toimeksiantaja(t) Koulutuskeskus SEDU, Sähköala | | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Automaatiotekniikan 2. asteen opetusohjelma sisältää koneenohjauksen perusteet. Opintoihin sisältyy laitteiden mekaanisen rakenteen tunteminen ja mm. uutena oppisisältönä servokäytöt. Tällä hetkellä liikkeenohjauksen opetuksessa opiskellaan perusmoottorikäytöt sekä taajuusmuuttajakäytöt. Lisäksi askelmoottorihjauksen perusteille on materiaalia.</p> <p>Servokäytöt lisääntyvät kappaleenkäsittelyteollisuudessa samalla tavalla kuin taajuusmuuttajat sähkökäyttöjen ohjauksissa 15-20 vuotta sitten. Opetukseen tämä asettaa uusia vaatimuksia. Tavoitteena on, että jatkossa myös automaatioasentajat tietävät servotekniikan peruskäsitteet ja ymmärtävät liikkeenohjauksen toteutuksen servotekniikalla. Opinnäytetyössä käytetyt servot ovat Omronin Junma –sarjan servoja, SJDE – 02AMC 41 0Y ja servo-ohjaimet Omron SJDE - 02ANA 0Y.</p> <p>Myös liikkeenohjauksen mekaaniset laiteosat kuuluvat koneenohjauksen oppisisältöihin. Tässä opinnäytetyössä mitoitettiin ja tutkittiin kahden eri akselin, kuularuuvien ja hihnavetoisen lineaariyksikön käyttöä servo-ohjauksessa.</p> <p>Opinnäytetyössä suunniteltiin ja rakennettiin opetuslaitteisto, missä X/Y –liikkeet on toteutettu servo-ohjauksella. Laitteisto on mitoitettu noin 1m x 1m, jolloin samaa laitteistoa voi myös käyttää teknologia-alan markkinointitarkoituksessa erilaisilla oppilasmessuilla.</p> | | |
| Avainsanat (asiasanat) Automaatio, sähkötekniikka, servotekniikka, servomoottori, liikkeenohjaus. | | |
| Muut tiedot | | |



| | | |
|--|--|---|
| Author(s) KORKONEN, Jaakko | Type of Publication Master's Thesis | Päivämäärä 8.04.2011 |
| | Pages 69 | Language Finnish |
| | Confidential () | Permission for web publication (x) |
| Title SERVO TECHNOLOGY IN A VOCATIONAL EDUCATION OF TEACHING | | |
| Degree Programme Automation Technology, Master of Engineering Programme | | |
| Tutor(s) RANTAPUSKA, Seppo SELOSMAA, Seppo | | |
| Assigned by Vocational Education Centre Sedu, Electrical department. | | |
| <p>Abstract</p> <p>The curriculum of the automation technology in secondary education degrees includes in the basics of machine control. The studies include the knowledge of the mechanical structure of devices and servo control. Servo control is a new content to be studied.</p> <p>At the moment the basics of AC motors (three phase motors) and frequency convertor control are studied in motion control courses. Furthermore, there is material to basics of the step motor control.</p> <p>Servo controls are increasing in the part handling industry in the same way as the frequency converters in the controls of electric drives 15-20 years ago. This sets new demands to teaching. The objective is that in the future also the automation mechanics know the basic concepts of the servo technique and understand the basics of the motion control of the servo technique. The servos that were used in this bachelor's thesis were the Omron Junma – series, SJDE – 02AMC 41 0Y and the servo controllers Omron SJDE - 02ANA 0Y.</p> <p>The mechanical device parts of the motion control also belong to the studies of the machine control. In this thesis the use of two separate axes, ball screw and a chain drive linear actuator in the servo control were dimensioned and researched.</p> <p>The focus of this was on development of a teaching machine for servo technology. The machines are called X/Y –table and can be used for teaching. The same equipment can also be used in marketing of this particular field of technology in education exhibitions aimed at potential students.</p> | | |
| Keywords Automation, electricity, servo, motor, motion control. | | |
| Miscellaneous | | |

SISÄLTÖ

KANSILEHTI

KUVAILULEHTI

ENGLANNINKIELINEN KUVAILULEHTI

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|---|-----------|
| 1. JOHDANTO | 3 |
| 1.1 Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinto | 4 |
| 1.1.1 Automaatiotekniikan opetussuunnitelma toisen asteen koulutuksessa | 5 |
| 1.1.2 Servo-ohjaustekniikan osaamisen vaatimukset ammattikorkeakoulussa | 6 |
| 1.2 Teollisuuden osaamisvaatimukset servotekniikan käytölle | 9 |
| 1.3 Työn tavoitteet | 10 |
| 2. SERVOTEKNIikka | 10 |
| 2.1 Yleistä | 10 |
| 2.2 Liikeradat | 11 |
| 2.3 Takaisinkytkentä | 14 |
| 2.4 Servomoottori | 15 |
| 2.4.1 Vaihtovirta servomoottorin rakenne | 16 |
| 2.5 Servovahvistin | 17 |
| 2.6. Servo-ohjain | 19 |
| 2.7 Anturit | 19 |
| 2.7.1 Inkrementtianturi | 20 |
| 2.7.2 Absoluuttianturi | 22 |
| 3. MEKAANINEN LAITTEISTO | 24 |
| 3.1 Alustan rakenne | 25 |
| 3.1.1 Energiansiirtoketju | 25 |
| 3.2 Kuularuuvi, Y – liike | 26 |
| 3.2.1 Kuularuuvien mekaniikka | 28 |
| 3.2.2 Hihnäkäyttö | 29 |
| 3.3 Linearijohde, X – liike | 32 |
| 3.3.1 Linearijohteen mekaniikka | 33 |
| 4. SÄHKÖISET OHJAUKSET | 35 |
| 4.1 Fyysinen laitteisto | 35 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| | 2 |
| 4.2 Ohjelmat | 40 |
| 4.2.1 Ohjelmointiesimerkki | 44 |
| 5. TOIMINTATESTAUS | 46 |
| 6. POHDINTA | 50 |
| LÄHTEET | 53 |
| LIITTEET | 54 |

1. Johdanto

Ammatillisten perustutkintojen perusteet uudistuivat 2007 - 2009. Aikaisemmat perustutkinnot olivat vuosilta 1999 – 2001. Muutoksia aiheuttivat mm. erilaiset koulutuskokeilut sekä työelämän muuttuneet vaatimukset ammattitaidolle. Uudistuksessa tarkistettiin perusteiden rakennetta ja tutkinnon osia, opintojen muodostumista, tavoitteita, ammattitaitovaatimuksia sekä arvioinnin kohteita ja arviointikriteereitä. Tarkistetut perusteet koskivat sekä ammatillista peruskoulutusta että näyttötutkintoja. (Opetushallitus)

Koulutuksen tavoitteet on määritelty laissa ammatillisesta koulutuksesta (L 630/98 2§, 5§) ja valtioneuvoston päätöksessä (VnP 213/1999). Ammatillinen koulutus antaa opiskelijalle laaja-alaiset ammatilliset perusvalmiudet alan eri tehtäviin ja erikoistuneemman osaamisen ja työelämän ammattitaidon. Henkilö voi tutkinnon suoritettuaan sijoittua työelämään, suoriutua alansa vaihtelevista tehtävistä myös muuttuvissa oloissa sekä kehittää ammattitaitoaan läpi elämän tai suuntautua jatko-opintoihin. (Opetushallitus)

Sähköalan automaatiotekniikan opetussuunnitelman perusteissa opiskelija suuntautuu teollisuuden koneiden, laitteiden sekä automaatiojärjestelmien asennukseen, käyttöön, kunnossapitoon ja huoltoon liittyviin sähköalan osaamista vaativiin tehtäviin. Keskeisinä ammattitaitoon liittyvinä osa-alueina ovat erilaisten säätö-, kappaletavara- ja valvomojärjestelmien tuntemus, robotiikka sekä niiden asennus- ja kunnossapitotöihin liittyvien tehtävien hallinta.

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena lisätä tietämystä ja osaamista koneautomaatiolaitteiden ohjauksista ja toteutuksista servotekniikalla ja suunnittelemalla tälle teknologialle opetuslaitteisto.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Seinäjoen koulutuskuntayhtymään kuuluvan Koulutuskeskus Sedun Kirkkokadun toimipisteen sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelman opetustarpeisiin.

1.1 Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinto

Opetussuunnitelmassa määritellään mm., että sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinnon suorittaneella on monipuolinen ammattitaito, valmiudet itsensä kehittämiseen, kyky soveltaa oppimiaan taitoja ja tietoja työelämän vaihtelevissa tilanteissa ja hän pystyy näkemään työnsä osana suurempia tehtäväkokonaisuuksia. Näiden lisäksi häneltä vaaditaan laatuajattelua, materiaali- ja kustannustietoutta, oman työnsä suunnittelukykyä sekä oman työn esittely ja arviointitaitoja.

Perustutkinnon tavoitteena on tuottaa opiskelijalle tarvittava perusosaaminen sähkö- ja automaatioalan asennus-, huolto- ja kunnossapitotehtäviin. Perustutkinnon suorittanut opiskelija on sisäistänyt alan ammatilliselle välttämättömät työturvallisuus-, sähkötyöturvallisuus- ja sähköturvallisuusmääräykset. Näiden lisäksi peruskoulutuksen tulee antaa opiskelijalle hyvät valmiudet itsensä ja ammattitaitonsa kehittämiseen sekä tietoyhteiskunnassa toimimiseen. (Opetushallitus)

Sähkö- ja automaatiotekniikan ammattialan kuvauksessa ja arvoperustassa tuodaan esille mm. seuraavia asioita:

- alan työtehtävät ovat hyvin monipuolisia, vaativia ja jatkuvasti kehittyviä
- sähkö- ja automaatioalalla ja siihen liittyvällä teknologialla on keskeinen merkitys yhteiskunnan, ympäristön ja ihmiskunnan kehitykselle.
- uudistuva ja monipuolinen teknologia edellyttää sähkö- ja automaatioalan laaja-alaiset ja hyvät perustiedot. Nämä tiedot ja taidot muodostavat pohjan jatkuvaan oppimiseen ja kehityksen seuraamiseen.

Kuten edellä olevista perustutkinnon sisältöjen määritelmistä ilmenee, on sähkö- ja automaatioalan koulutusspektri hyvin laaja. Opetussuunnitelma mahdollistaa myös koulutuksen järjestäjän tarjota opintoihin 0 – 20 ov työelämän alueellisiin ja paikallisiin tarpeisiin perustuvia sähkö- ja automaatiotekniikan ammatillisältöjä. Näillä ns. paikallisesti tarjottavilla tutkinnon osilla on mahdollista syventää tai laajentaa esimerkiksi koneautomaation 20 ov opintoja.

1.1.1 Automaatiotekniikan opetussuunnitelma toisen asteen koulutuksessa

Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinnon perusteiden ammattinimikkeet ovat sähköasentaja ja automaatioasentaja. Kone- ja metallialan perustutkinnon mukaisissa opinnoissa automaatiotekniikan ja kunnossapidon koulutusohjelmassa voidaan myös valmistua automaatioasentajaksi tai kunnossapitoasentajaksi.

Opetussuunnitelmassa määritellään automaatioasentajan osaamiskuva seuraavasti tiivistettynä:

”Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelman / osaamisalan suorittanut automaatioasentaja osaa tehdä teollisuuden sähkökoneiden ja -laitteiden sekä automaatiojärjestelmien asennukseen, käyttöön, kunnossapitoon ja huoltoon liittyviä sähkö- ja automaatioalan osaamista vaativia tehtäviä sähköasennusstandardien ja -säädösten mukaan. Keskeisintä osaamista ovat erilaisten säätö-, kappaletavara- ja valvomojärjestelmien tuntemus, robotiikka sekä niiden asennus- ja kunnossapitotöihin liittyvien tehtävien hallinta. (Opetushallitus)

Ammatillisia tutkinnon osia on 90 opintoviikkoa. Sähkö- ja automaatioasentajilla on yhteisiä ja samansisältöisiä ammatillisia opintoja 50 opintoviikkoa. Loput 40 ov ovat tutkintokohtaisesti eriytyviä.

Liitteessä 9 on opetussuunnitelman kappaletavara-automaatio –opintojen 20 ov sisältö.

Tässä työssä kehitettävällä laitekokonaisuudella pyritään vastaamaan seuraaviin ammattitaitovaatimuksiin mitä opiskelijan / tutkinnon suorittajan tulee osata tai tuntea:

Opiskelija / tutkinnon suorittaja

- * tuntee kappaletavara-automaatiossa käytettävien kuljetinratojen, nostimien, pakkauskoneiden, lavaajien ja muiden mekaanisten laitteiden toimintaperiaatteen ja rakenteen
- * osaa tehdä kuljetinratoihin liittyvien anturien asennuksia ja rakenteisiin liittyviä linjauksia
- * tuntee kappaletavara-automaatiossa käytettävien mekaanisten ja sähkömekaanisten lineaariliikeratojen toteuttamisperiaatteet sekä niiden mekaanisen rakenteen periaatteen
- * osaa servo- ja askelmoottoriohjauksen periaatteen
- * osaa ottaa huomioon työssään automaattisen toimintaympäristön vaatimat suojaukset ja suojarakenteet

1.1.2 Servo-ohjaustekniikan osaamisen vaatimukset ammattikorkeakoulussa

Ammattikorkeakoulutuksesta on olemassa ammattikorkeakoululaki (351/2003) ja asetus ammattikorkeakoulusta (352/2003). Ammattikorkeakoulujärjestelmä perustuu kansallisiin ja alueellisiin koulutustarpeisiin ja niiden tavoitteena on tarjota käytännönläheinen korkeakouluvaihtoehto.

Ammattikorkeakoulut ovat mukana ECTS (European Credit Transfer and Accumulation system) –järjestelmässä. Tämän järjestelmän tarkoituksena on tehdä korkeakouluopiskelusta läpinäkyvämpää Euroopassa ja helpottaa eri maissa suoritettujen opintojen tunnustamista ja hyväksi lukemista.

Kansallisessa viitekehyksessä (NQF) kuvataan Suomessa suoritettava tutkinto. Osaaminen kuvataan tietoina, taitoina ja pätevyyksinä, jotka toimivat tavoitteiden asetteluun ja arvioinnin lähtökohtina. (Opinto-opas, SEAMK)

Jyväskylän ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan koulutusohjelman osaamistavoitteessa (Learning outcomes) todetaan mm. :

”Automaatiotekniikan koulutusohjelmassa suoritettua tutkinnon jälkeen opiskelijalla on perustiedot PC-pohjaisista automaatiojär-

jestelmistä, roboteista, ohjelmoitavista logiikoista, prosessi- ja valvomotietokoneista, älykkäistä antureista ja ohjauslaitteista”

Osaamistavoitteita ovat myös kyky suunnitella tuotantolinjojen ohjauksia ja säätöjä. Valmistuttuaan opiskelija voi toimia alan insinööritoimistoissa ja tuotteita kehittävässä yrityksissä suunnitteluinsinöörinä.

Servotekniikan osio sisältyy opintojaksoon ”Säädetyt sähkömoottorikäytöt”.

Opintojakso kuuluu vaihtoehtoisiin ammattiopintoihin ja toteutetaan 3. vuoden syksyllä. Tavoitteissa todetaan mm. :

- * opiskelija tuntee sähkökäyttöön kuuluvat komponentit ja laitteet.
- * opiskelijalla on valmiudet mitoittaa vakionopeus- ja säädettävien käyttöjen komponentit erilaisiin käyttökohteisiin.
- * opiskelija tuntee sähkökäytöissä käytetyt uusimmat tekniikat ja osaa tulevaisuudessa seurata tämän alan kehitystä.
- * opiskelijalla on valmiudet sähkölaitteiden käytön parametroidiin ja asetteluun.

Kompetenssi osiossa mainitaan mm. :

- * säädetyt ac- ja dc-käytöt
- * pehmokäynnistimet, älykkäät moottorilähdöt
- * sähkökäytöt perusrakenne ja komponentit
- * servot
- * laitteiden parametrit ja asettelut

Jyväskylän ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa, sekä paperikoneteknologian koulutusohjelmassa on vaihtoehtoisissa ammatinopinnoissa mahdollisuus perehtyä servotekniikkaan. Opintojaksosta todetaan mm., että ”Opiskelija ymmärtää sähkö- ja servokäyttöjen erot, toiminnan ja pysyy suunnittelemaan sähkö tai servokäytön.” Sisältöinä ovat sähkömoottorit, taajuusmuuttajat ja servokomponentit sekä näiden järjestelmien valinta, mitoitus ja käyttöönotto. (Opintosuunnitelmat ym.)

Seinäjoen ammattikorkeakoulun, automaatiotekniikan koulutusohjelmasta, koneautomaation suuntautumisvaihtoehdosta löytyy kaksi opintojaksoa missä mainitaan servot. Molemmat opintojaksot kuuluvat myös ns. pakollisiin opintoihin.

Koneautomaatio 2 – opintojaksossa osaamistavoitteissa todetaan seuraavaa:

”Opiskelija oppii moniakselisten liikkeenohjausten toteuttamisen taajuusmuuttajilla ja oikosulkumoottoreilla, sekä servovahvistimilla ja servomoottoreilla. Opiskelija oppii toteuttamaan erilaisia liikkeenohjauksen vaatimia automaatiojärjestelmien tiedonsiirtoratkaisuja kenttävyilyä hyödyntäen.” (Opinto-opas)

Opinto-oppaan mukaan kurssilla tutustutaan mm. servovahvistimella ja servomoottorilla toteutettuun tavarankäsittelyaseman ohjaukseen sekä käsitellään PC-pohjaista monen akselin ohjausta.

Käyttötekniikan – opintojaksossa opiskelija perehtyy moottorikäyttöihin, niiden mitoittamiseen ja säätötekniikkaan. Sisällöissä mainitaan mm. säätöpiirin viritys sekä sähkömoottoreiden, mm. servomoottorit ja servo-ohjaimet, yleiseen toimintaperiaatteeseen perehtyminen.

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmasta löytyy 15 opintopisteen automaatiojärjestelmien moduuli, mutta sisällöissä ei mainita servokäyttöjä.

Kahden eri ammattikorkeakoulun koulutusohjelmien välillä on eroja opintosisältöjen painotuksissa. Eroihin vaikuttavat mm. alueellisten toimijoiden, eli työnantajien, asettamat ammattitaitovaatimukset.

Jyväskylässä servokäyttöjen opetus sisältyy pääasiassa valinnaisiin opintoihin, kun vastaavasti Seinäjoella ne ovat pakollisissa opinnoissa. Seinäjoen talousalueella tätä selittää mm. voimakas koneenrakennus- sekä kappaleenkäsittelyautomaation osaamisvaatimukset. Yrityksissä valmistetaan laitteistoja elintarviketeollisuuden pakkaus järjestelmiin, levyntyyöstöjärjestelmiin, erikoissovelluksiin ja puunjalostusteollisuuden lopputuotteiden käsittelyjärjestelmiin.

Opetussuunnitelmat kertovat opiskeltavia sisältöjä, mutta se miten ne toteutetaan, vaatisi tarkemman perehtymisen mm. harjoituslaitteisiin ja työohjeisiin. Koulutusohjelmat kuitenkin huomioi servoteknologian yhtenä osa-alueena opetuksessa ja opiskelijoilla on mahdollisuus tähän teknologiaan perehtyä.

1.2 Teollisuuden osaamisvaatimukset servotekniikan käytölle

Koneautomaatio ja teollisuuden mekaaniset ohjaukset kehittyvät yhä nopeammin. Tuotteilta vaadittavat korkeat laatukriteerit, sekä tuotannon tehokkuus ja kilpailukyvyyn säilyttäminen suuntaavat kehitystä kohti monimutkaisempia teknisiä tuotantokoneistoja. Koneiden automaatio-aste lisääntyy ja samalla suunnittelijoiden, asentajien sekä huollon- ja kunnossapidon alueella työskentelevien ammattitaito- ja osaamisvaatimukset kasvavat.

Liikkeenohjauksen toteuttamista voidaan pitää yhtenä keskeisimmistä ohjaus ja automaatiotekniikan sovelluksista. Oikosulkumoottorit ovat olleet, pneumatiikan ja hydrauliiikan ohella, yksi tärkeimmistä laitteista toteuttaa ja välittää voima erilaisille ympyrä- ja lineaariliikkeen toteutuksille. Perinteisellä tavalla toteutetuista suorista oikosulkumoottoreiden ohjauksista kehitys on kulkenut taajuusmuuttaja ohjausten kautta yhä enemmän yleistyiin servokäyttöihin. Servokäyttöjen kehitys on mahdollistanut valmistustekniikan tarkkuuden ja nopeuden kasvun.

Eri tekniikoiden, kuten esimerkiksi taajuusmuuttajakäytöt ja servokäytöt, ominaisuudet ja käyttökohteet lähestyvät toisiaan. Taajuusmuuttajien suorat vääntömomenttisäädöt (direct torque control, DTC) ja edistyneemmät virtavektorisäätömenetelmät tuovat taajuusmuuttajat lähemmäs servokäyttöjä. (Haapala)

Teollisuuden servotekniikan sovellus voi olla momenttisäätöön, liikkeenohjaukseen, paikkaohjaukseen tai nopeuteen liittyvä, kohteena vastaavasti työstökoneet, teollisuuden erilaiset tuotantosolut tai vaikkapa robotiikan sovellukset.

Teollisuuden osaamisvaatimukset servotekniikalle tulee varmasti lisääntymään. Mitään yksittäisiä osaamisen osa-alueita tälle tekniikalle, kuten monelle muulle vastaavalle teknologialle, on vaikea määritellä. Laaja tietämys erilaisten liikkeiden toteutustavoista, perustiedot sähkö- ja ohjaustekniikasta sekä ohjelmoinnista, tieto teollisuuden tavoitteista laadulle ja tuotantotehokkuudelle sekä kiinnostus

työskentelystä tällaisten sovellusten parissa ovat lähtökohdat servotekniikan parissa työskenteleville. Tarkempia osaamisvaatimuksia voisi kartoittaa esimerkiksi haastatteleamalla koneautomaatiolaitteiston valmistuksessa ja käyttöönotossa työskenteleviä suunnittelijoita ja asentajia, sekä servotekniikan laitevalmistajia.

1.3 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on suunnitella ja rakentaa liikkeenohjaukseen tarkoitettu opetuslaitteisto. Opetuslaitteen tulee vastata uutta, toisen asteen automaatiotekniikan, opetussuunnitelmaa servokäyttöjen osalta.

Teoreettisesti tavoitteena on etsiä ja koota materiaalia servokäyttöjen opetuksen tueksi ja taustatiedon pohjaksi. Työn tuloksena syntyvät myös mekaaniset ja sähköiset kokoonpanokuvat. Työssä pohditaan myös mitoituksiin liittyviä asioita.

Fyysisen laitteen osalta tavoitteena on mahdollisimman pelkistetty laitekokonaisuus, missä perusasiat eivät katoa laajoihin kokonaisuuksiin. Laitteistoa voidaan laajentaa myöhemmin mm. operointipaneelilla ja kenttäväyläliitännöillä.

Laitetta on myös tarkoitus käyttää erilaisilla koulutusmessuilla esittelylaitteena kun kerrotaan teknologia-alan koulutuksesta. Tavoitteena on valmistaa laitteisto helposti siirrettäväksi ja toteuttaa siihen nuorisoa kiinnostava ohjausrajapinta yksinkertaisella elektroniikalla.

2. SERVOTEKNIikka

2.1 Yleistä

Servojärjestelmät ja servo-ohjaus tekniikat ovat syntyneet sotatekniikan kehityksen tuloksena. Nopeita ja tarkkoja liikkeitä on tarvittu mm. laivatykeissä ja lentokoneissa. Teollisuudessa suljetut säätöpiirit kehittyivät prosessiteollisuuden säätöventtiileissä ja konepajojen työstökoneissa. Nykyiset CNC -koneet ja robotisolut ovat yleisimpiä servotekniikan käyttökohteita. (Fonsellius)

Servojärjestelmässä servo-ohjaimen tehtävänä on vastaanottaa ohjausjärjestelmältä ohjaussignaali, vahvistaa tämä signaali ja edelleen ohjata servomoottoria. Tyypillinen ohjaus signaali voi olla esimerkiksi pyörimisnopeuden ohjearvo. Servomoottorissa oleva nopeusanturi antaa takaisinkytkentätiedon nopeudesta ser-

vo-ohjaimelle, joka pyrkii ohjaamaan moottoria siten, että todellinen nopeus vastaa mahdollisimman tarkasti ohjausjärjestelmän antamaa ohjearvoa.

Ohjesignaali ja takaisinkytkentäsignaali voivat olla myös suureita, jotka koskevat ja mittaavat paikkaa, momenttia tai voimaa.

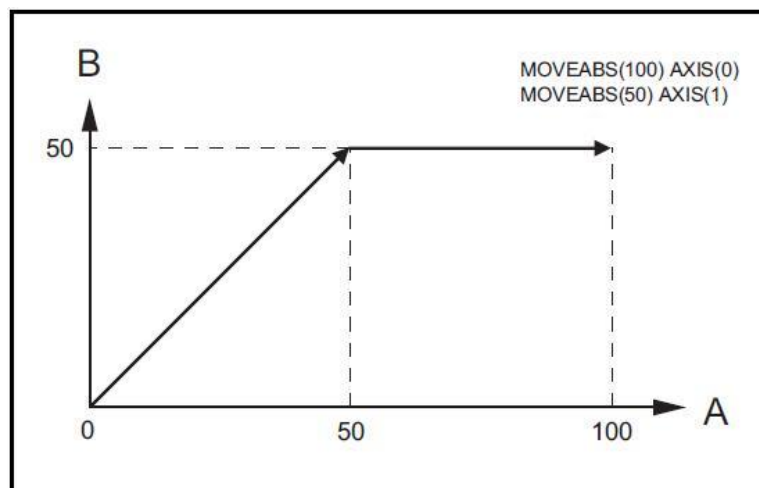
Järjestelmän oikeilla asetuksilla (parametreilla) voidaan päästä hyvin suuriin tarkkuuksiin siinä, että todellinen suure (esim. nopeus) vastaa ohjaussuureta (käytäjän tai ohjausjärjestelmän asettamaa).

2.2 Liikeradat

Servokäytölle voidaan määritellä erilaisia liikkeen toteutustapoja. Ohessa on esitetty yleisimmät liikeradat toteutettuna Omron Trajexia ohjauksella.

SUHTEELLINEN JA ABSOLUUTTINEN LIIKE

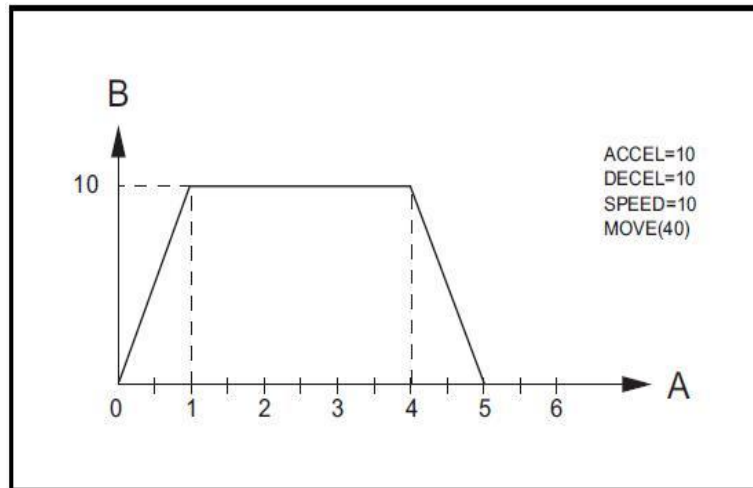
Kuvassa 1 on esitetty akselit A ja B, sekä niiden liike koordinaatistossa. Asetusoletuksena (UNITS) voidaan pitää ohjattavaa pulssimäärää. Lukuarvo 100, esimerkiksi komennossa MOVE (100), voi asetusten määrittämisen jälkeen tarkoittaa esimerkiksi 1 mm liikettä. Kaikilla akseleilla voi olla omat ominaisuudet ja parametrinsa. Kuvan akseleiden ohjauksessa oletuksena on, että akseli A liikkuu alku-peräisestä tilastaan koordinaattiin 100 (pulssia) ja B vastaavasti paikkaan 50 (pulssia). Nopeusasettelu on molemmille akseleille sama ja kiihdytys- ja hidastusajat ovat asetettu korkeiksi. Liikkeen alkaessa molemmat akselit liikkuvat yhtäaikaaisesti pisteisiin 50 (pulssia). Tämän jälkeen akseli B pysähtyy ja akseli A jatkaa liikettä koordinaattiin 100 (pulssia). Ohjelmoinnissa käytettävät käskyt näkyvät kuvion 1, oikeassa yläreunassa.



KUVIO 1: Suhteellinen ja absoluuttinen liike. (Omron)

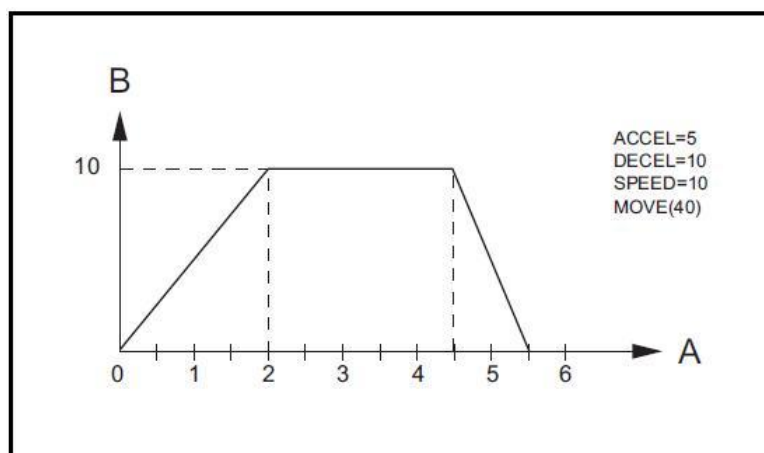
MÄÄRÄTTY LIIKEKEMATKA

Kuviossa 2 oleva A akseli kertoo kuluneen ajan (s) ja B akselilla on nopeus (m/s). Akselille määritetyissä parametreissa on liikkeen MOVE arvoksi määritetty metri (m). Kiihdytys- ja hidastusajoiksi on määritetty 10 m/s^2 . Kokonaismatka muodostuu kiihdytysajan (5m), vakionopeuden (30m) ja hidastusajan (5m) summasta.



KUVIO 2: Liikeprofiili määrättyssä liikematkassa. (Omron)

Mikäli kiihdytys ja hidastusaika on määriteltä eri pituisiksi muodostuu liikeprofiili kuvion 3 mukainen. Kokonaismatka muodostuu kiihdytysajasta (10m), vakionopeusajasta (25m) ja hidastusajasta (5m).



KUVIO 3: Liikeprofiili eri kiihdytys- ja hidastusajalla. (Omron)

JATKUVA LIIKE

Käyttämällä komentoja FORWARD ja REVERSE saadaan aikaiseksi jatkuva liike vakionopeudella määritellylle akselille. FORWARD komento pyörittää akselia positiiviseen suuntaan ja REVERSE negatiiviseen suuntaan. Näiden komentojen yhteydessä voidaan myös käyttää parametreja ACCEL , SECEL ja SPEED määrittelemään akselille kiihdytys- ja hidastusaika sekä nopeus.

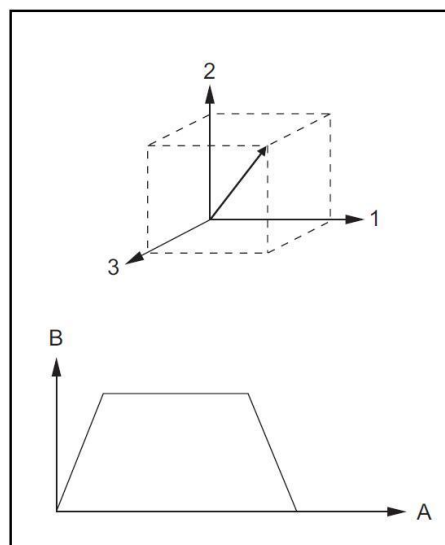
Molemmat liikkeet voidaan peruuttaa komennoilla CANCEL (yksittäinen akseli) tai RAPIDSTOP (kaikki akselit).

RATAOHJAUS

Edellä esiteltyjen ohjausten lisäksi, ohjattaessa useampaa servoa yhtä aikaa, löytyy mahdollisuus erilaisiin rataohjauksiin (Continuous Path control). Näitä voivat olla esimerkiksi Linear interpolation, Circular interpolation ja CAM control. Rataohjauksista voidaan käyttää myös nimitystä liikkeenohjausjärjestelmä.

Kuviossa 4 on esitetty kolmella servoakselilla toteutettu suoraviivainen liike. Käytössä ovat aikaisemmista liikkeistä tutut MOVE ja MOVEABS komennot. Kolmen akselin ohjauksessa komento on muotoa MOVE(50,50,50).

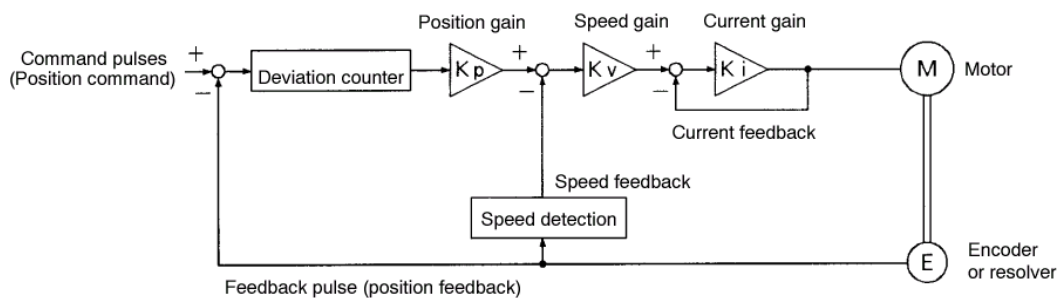
Rataohjaus poikkeaa paikoitustyyppisestä ohjauksesta siten, että sen on seurattava annettua ajorataa tarkasti niin, että tiettyinä ajanhetkenä ollaan aina tietyssä pisteessä rataa. Toteutetut liikesovellukset ovat yleensä rakennettu kuularuuveihin tai hihnavetoon perustuvilla toimilaitteilla. Käyttökohteita ovat esimerkiksi laserleikkaukset tai numeerisesti ohjatut jyrsinnät.



KUVIO 4: Linear interpolation. (Omron)

2.3 Takaisinkytkentä

Takaisinkytkennän tehtävänä on kertoa laitteiston ohjausjärjestelmälle tiedot fyysikaalisista suureista, joita servo-ohjausjärjestelmässä ovat mm. paikka- ja nopeustieto v (m/s). Näiden lisäksi mitattavia suureita voivat olla voima F (N) ja momentti M (Nm). Koska toimilaitteena voi olla erilaisia sähkömoottoreita tai sylintereitä, niin säädettävän suureen mukaan voidaan puhua asema-, nopeus-, voima- tai momenttiservoista. (Fonselius)



KUVIO 5: Servo-ohjauksen lohkokkaavio. (Omron)

Kuviosta 5 nähdään, että servon säätöpiiristä löytyy kolme takaisinkytkentää.

MOMENTTISERVO

Sisin ja nopein säätöpiiri on moottorille menevän virtatiedon takaisinkytkentä, jolla säädetään moottorin momenttia. Momentin säätö perustuu servomoottorin virran säätöön, joka aikaansaa vääntömomentin. Momentin säädössä ei ole ulkoista, erillistä, anturointia. Virran mittaus ja takaisinkytkentä toteutetaan servo-vahvistimessa. Momenttiohjauksessa on moottorin reagoitava nopeasti kuorman muutoksiin ja se edellyttää säätimeltä suurta vahvistuskerrointa, P-termi.

Tyypillinen momenttisäädön käyttökohde voi olla esimerkiksi kireyssäätö, missä rullattavan rainan tai langan kireys pyritään pitämään ohjearvossa.

NOPEUSSERVO

Nopeusservossa pyritään pyörimisnopeus pitämään vakiona tai pyörimisnopeus voi muuttua ennalta ohjelmoidun nopeusohjelman mukaan. Pyörimisnopeuden muutostarve tulee esimerkiksi kuormituksen vaihtelusta.

Servo-ohjaimelle annetaan tieto, analogisena tai digitaalisena, millä nopeudella servomoottorin tulee pyöriä. Takaisinkytkentä (encoder) mittaa todellista nopeutta. Ohjearvoa ja todellista arvoa verrataan toisiinsa ja servovahvistin tekee tarvittavat muutokset moottorin ohjaukselle.

ASEMA- / PAIKKASERVO

Asemointikäytöissä siirrytään pisteestä toiseen tietyn nopeusprofiilin mukaisesti. Järjestelmässä haetaan tietty paikka ja siitä saadaan takaisinkytkentätieto.

Paikoitussovellukset ovat yleensä nopeita liikkeitä paikasta toiseen, eikä käytettävällä liikeradalla ole merkitystä lopputuloksen kannalta. Servovahvistimen sähköisistä takaisinkytkennöistä on paikka takaisinkytkennän lisäksi käytössä myös nopeus takaisinkytkentä. (Verho)

Ohjausjärjestelmästä riippuen, saavutettaessa haluttu paikka, moottori pysähtyy joko jännitteettömänä, jolloin se on lukittava tai moottori pysyy paikoillaan ns. nollakierrosluvun momentilla. Jälkimmäisessä tilanteessa moottorin ohjaus on toiminnassa ja säätöpiiri pyrkii pitämään moottorin paikoillaan. (Lehtonen)

2.4 Servomoottori

Servo-ohjauskäyttöön tarkoitettuja sähkömoottoreita on monen tyyppisiä. Esimerkiksi harjalliset tasavirtaservomoottorit voidaan jakaa sivuvirta-, sarja- ja komppoundimoottoreihin. Toinen ryhmä on harjattomat DC-moottorit, missä kestomagneetit ovat roottorissa ja käämitykset staattorissa. Kolmannen ryhmän muodostavat AC - servomoottorit.

Koneenrakennuksessa, työstökoneissa ja robotiikassa on käytetty aikaisemmin DC-servomoottoreita (esim. Puma-robotti). Varsinkin harjalliset DC-servomoottorit vaativat mekaanisesta kommutoinnista johtuen säännöllistä ja usein toistuvaa huoltoa. AC-moottoreiden säädintekniikan kehittyessä ja moottoreiden yksinkertaisemmasta rakenteesta johtuvan pienemmän huollontarpeen vuoksi AC-moottorit ovat syrjäyttämässä DC-moottorit servokäytöissä. (Lehtonen), (Verho), (Fonselius ym.)

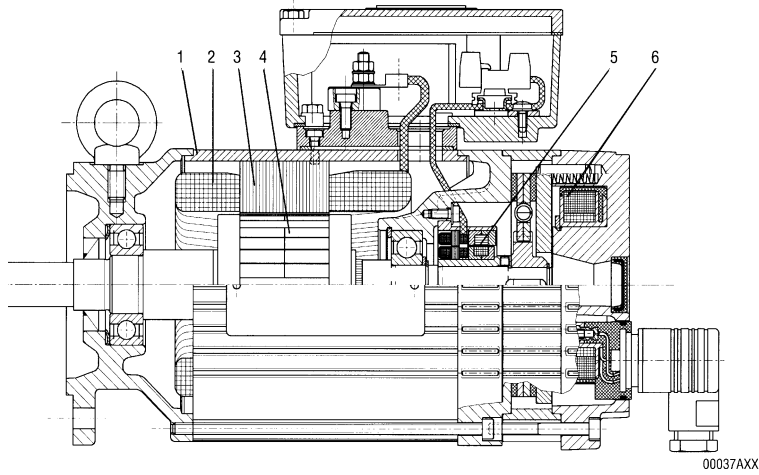
Servokäytössä olevalta sähkömoottorilta vaaditaan laajaa pyörimisnopeusalluetta, alhaista hitausmomenttia, kykyä kestää lyhytaikaista suurta ylikuormitusta sekä hyvää maksimimomentin ja massan suhdetta.

2.4.1 Vaihtovirta servomoottorin rakenne

Vaihtovirtaservomoottori rakenteen muodostavat runko-osaan kiinnittyvä staattori, staattorin tähtikytketty käämitys ja sen levypaketti, kestopagneettiroottori, resolveri tai vastaava takaisinkytkentäanturi sekä jarru (kuvio 6).

Moottorista voidaan käyttää myös nimitystä kestopagneetoitu synkronimoottori, koska staattorin pyörivä kenttä ja roottorin pyörivä kenttä kulkevat synkronisesti. Rakenne muistuttaa tavallista oikosulkumoottoria (asynkronimoottoria) poikkeuksena roottorin levypaketti, josta on pyritty saamaan kevyt mm. stanssaamalla siihen reikiä. Näin saadaan pienennettyä roottorin massahitausmomenttia ja siten sen käynnistysaikaa. Lisäksi roottoriin upotetut kestopagneetit ovat erittäin korkealaatuisia ja voimakkaita sekä kestävät korkeita lämpötiloja. Kestopagneetit voivat myös menettää magneettisuutensa, mikäli moottori joutuu alttiiksi iskulle, esim. pudotessa lattialle. Iskun kohdistuessa akseliin saattaa myös optinen encoderi vioittua.

Seisontajarru on rakennettu moottorin sisään. Jarrulevy on jousikuormitettu siten, että käämin ollessa jännitteetön jouset puristavat jarrulevyn kitkapintaa vasten. Jarru voidaan kytkeä irti jännitteen avulla, joka on tyypillisesti 24 VDC. Jarru on tarkoitettu tilanteisiin, missä moottorin käämi on jännitteetön ja on vaarana, että moottori alkaa pyöriä vapaasti kuorman vaikutuksesta. (Lehtonen), (Verho)
Moottoreiden nimellisjännitteet vaihtelevat 200 VAC - 750 VAC.



KUVIO 6: Vaihtovirtaservomoottori rakenne. (Lehtonen)

1. runko-osaan kiinnittyvä staattori
2. staattorin tähtikytetty käämitys
3. levypaketti
4. kestmagneettiroottori
5. resolveri tai vastaava takaisinkytkentäanturi
6. Jarru

2.5 Servovahvistin

Servovahvistimen ensisijaisena tehtävänä on syöttää servomoottorille sen tarvitsema virta. Servovahvistimen tyyppi määräytyy servomoottorityypin mukaan, joita ovat hiiliharjalliset ja hiiliharjattomat DC-servomoottorit sekä vaihtovirtaservomoottorit.

Servovahvistin muistuttaa toimintaperiaatteeltaan taajuusmuuttajaa. Vahvistimen syöttöjännite (AC) tasasuunnataan välijännitepiiriin ja asetetaan halutun suuruiseksi. Välijännitepiirissä on jännitettä tasaavat kapasitanssit, sekä ylijännitteen purkuun käytettävä vastus, joka toimii myös jarruvastuksena moottoria jarrutettaessa. Periaate on esitetty kuviossa 7. Moniakselinen servojärjestelmä on taloudellista toteuttaa käyttämällä vain yhtä tasasuuntaajaa ja yhtä välijännitepiiriä jarruvastuksineen. Näin esim. moottoreiden jarrutusenergia voidaan käyttää muiden moottoreiden syöttöön. Joissakin vahvistimissa jarruvastus voidaan kytkeä myös ulkoisiin liittämiin. Välijännitepiirin jännite syöttää hakkuripääteastetta. Pääteasteessa on kuuden transistorin kytkentä, joilla syötetään virtaa jo-

kaiseen moottorin käämiin samanaikaisesti. Kunkin käämin virran vaihe määräytyy joko kulman funktiona (synkroni servomoottorit) tai roottorin nopeuden ja virran funktiona (asynkroni moottorit). (Verho)

Vahvistimen ulkoiset ohjaukset, vahvistintyypistä riippuen, mahdollistavat usean eri tiedon välittämisen ohjausjärjestelmälle ja ohjausjärjestelmältä.

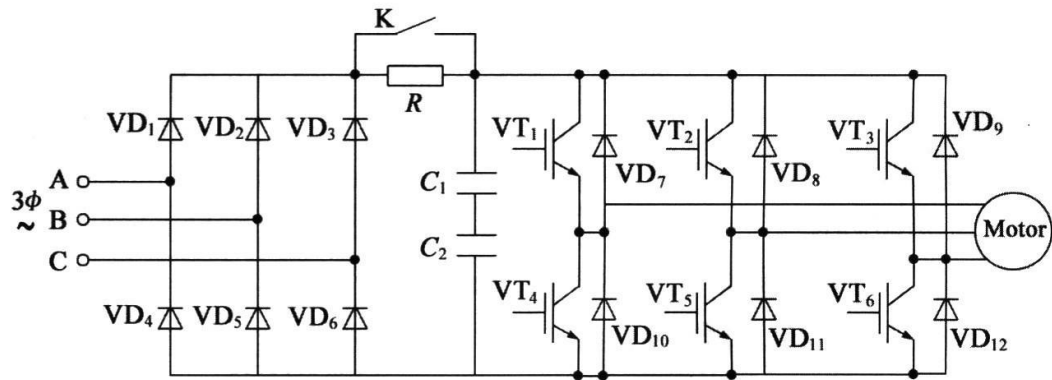
Tyypillisesti kytketään vähintään seuraavat signaalit:

- nopeusohjearvo, ± 10 V tai binäärinenä ohjainlaitteelta
- käynnistyslupa, binäärinen ohjaustieto ohjausjärjestelmältä ja häiriöilmoitus vahvistimelta ohjausjärjestelmälle.

Lisäksi kysymykseen voivat tulla mm.

- liikkeen ääriarajatiedot, P_OT ja N_OT
- pyörimisen esto eteen/taakse
- moottorin encoderin pulssien välitys
- servon lukitus.

Servojärjestelmät ja siten myös servovahvistimet ovat muuttuneet analogisista järjestelmistä digitaalisiksi. Perinteinen analogiaohjaus, esim. ± 10 V, ei mahdollista nykypäivänä vaadittavaa tarkkuutta ja stabiilisuutta ja on herkkä erilaisille häiriösignaaleille. Vastaavasti digitaalisen järjestelmän säädin sisältää nopean mikroprosessorin, joka mahdollistaa entistä nopeamman säädön. Digitaaliset ohjaimet pystyvät myös nykyisiin monimutkaisiin, itsestään säätäviin, epälineaariin ja sumeisiin säätöihin. (Fonselius ym.)



KUVIO 7: Servovahvistimen pääteasteen periaatekuva. (tutorialsto.com)

2.6. Servo-ohjain

Servo- ohjain on liikkeenohjain joka voidaan toteuttaa ohjelmoitaviin logiikoihin liitettävillä liikkeenohjaimilla, NC- ohjauslaitteilla, itsenäisillä (stand alone) ohjaimilla tai PC – ympäristöihin sovitetuilla ohjainlaitteilla.

Liikeohjain pyrkii ohjaamaan servolaitteistoa ja siihen liitettyä kuormaa ennalta määriteltujen ehtojen mukaisesti. Yksinkertaisimmillaan liikkeet ovat yhden akselin paikoitusliikkeitä ja monimutkaisimmillaan usean akselin interpoloituja liikkeitä, missä kuorma liikkuu ennalta määriteltä rataa pitkin.

Liikeohjaimella voidaan toteuttaa myös koneen tai laitteen loogisia toimintasekvenssejä, jolloin ohjaimella korvataan tyypilliset ohjelmoitavilla logiikoilla toteutetut toiminnot.

Liikeohjainten ominaisuudet vaihtelevat ja ohjainta valittaessa tulee huomioida mm. seuraavia seikkoja (Työohje):

- Ohjattavien akselien määrä
- Ohjaimen nopeus
- Ohjaimen kyky erilaisten liikkeiden toteuttamiseen
- Ohjaimen paikoitustarkkuus
- Ohjaimen tulo- ja antosignaalien määrä ja laatu
- Ohjaimen tiedonsiirtoliitännät ja käyttöliityntä

2.7 Anturit

Antureiden tehtävänä on mitata fysikaaliset suureet ja muuttaa ne sellaiseen muotoon, että ohjausjärjestelmä pystyy ne mittaamaan / tunnistamaan. Mitta-

uksen tuloksena syntynyt suure voi olla analoginen, esimerkiksi jännitearvo 0 – 10 VDC, virta-arvo 4 – 20 mA tai vastusarvo 0 – 10 k Ω . Lähes kaikki uudet järjestelmät ovat kuitenkin digitaalisia ja antureista saatava digitaalinen pulssijono voidaan helposti kytkeä mikroprosessoripohjaisiin ohjausjärjestelmiin. Ohjausjärjestelmä käsittelee tiedon, vertaa sitä ohjausarvoon ja suorittaa tarvittavat ohjaukset.

Koneautomaation laitteissa, missä tarvitaan tarkkoja asematietoja, käytetään yleisemmin joko inkrementti - tai absoluuttiantureita. Myös magneettiantureiden, joiden rakenne koostuu polarisoidusta magneetista ja Hall-anturin sisältävästä mikropiiristä, käyttö on lisääntymässä.

2.7.1 Inkrementtianturi

Inkrementtianturi tuottaa tietyn määrän pulsseja jokaista akselin kierrosta kohti. Kun tunnetaan inkrementti, eli tässä tapauksessa siirtymä, kun ulostuleva pulssi muuttaa loogisen tilan 0 -> 1 voidaan määrittää siirtymäkulma tai -matka. Laskenta aloitetaan jostakin tunnetusta pisteestä ns. referenssipisteestä. Lineaari liikkeen nopeus ja kulmanopeus saadaan laskennallisesti kun mitataan myös aika, pulssia / s.

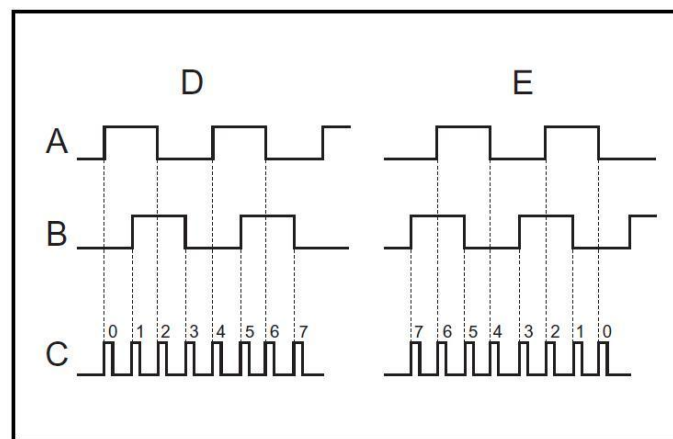
Pulssianturin rakenne muodostuu yleensä pulssikiekosta ja optisista valoporteista. Valoportissa on valoa lähettävä LED ja valoa vastaanottava valoherkkä diodi tai transistori. Pulssikiekko muodostuu sektoreista, joissa valoa läpäisevät ja valoa läpäisemättömät sektorit vuorottelevat. Näitä sektoripareja on anturivalmistajasta ja tarkkuusvaatimuksesta riippuen tyypillisesti 100 – 5000 / kierros, tarkimmissa jopa 36 000 pulssia / kierros. (Heidenhaid)

Pulssikiekossa on kaksi identtistä sektoria, jotka ovat 90 asteen vaihesiirrossa keskenään. Tämä mahdollistaa pyörimissuunnan toteamisen siten, että A pulssin signaalitason muuttuessa ensin 0->1 ja sen jälkeen B pulssin, todetaan pyörimissuunnan olevan esim. myötäpäivään. Vastaavasti B pulssin muuttuessa ensin 0->1 voidaan olettaa pyörimissuunnan olevan vastapäivään. Suunta tulee määriteltäväksi aina sovelluskohtaisesti. Näiden kahden kanavan, A ja B, lisäksi anturissa voi olla ns. Z kanava (Zero tai Referenssi signaali). Tästä kanavasta saadaan ai-

noastaan yksi pulssi kierrosta kohti. Tällä pulssilla voidaan määrittää kiekon asema prosessin toiminnan alkaessa tai sen aikana.

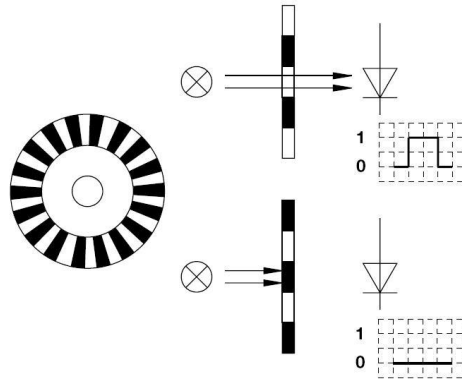
Anturin tekniikasta riippuen voidaan laskennallisesti päästä hyvinkin tarkkoihin siirtymien ja kulmamuuotosten mittauksiin. Tarvittaessa voidaan esimerkiksi tode-
ta ja laskea erikseen pulssin nouseva ja laskeva reuna.

Kuviossa 8 pulssijonolla D esitetään pulssien muodostuminen pyöritettäessä encoderia myötäpäivään. Vastaavasti kohdassa E on esitetty pulssien muodostuminen pyörimissuunnan ollessa vastapäivään.

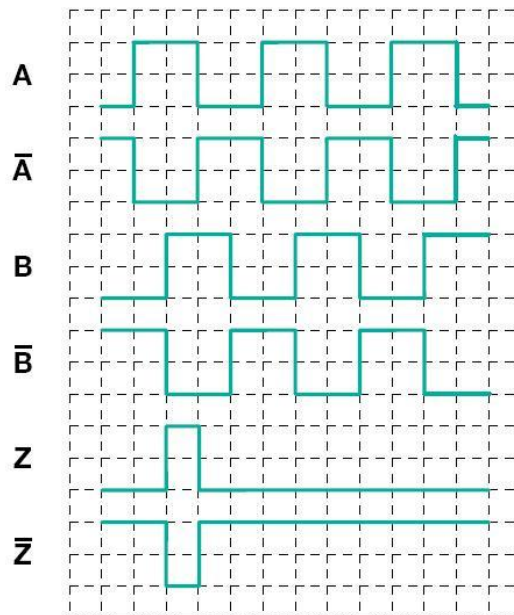


KUVIO 8 : Inkrementtianturin pulssien muodostuminen (Omron).

Inkrementtianturin heikkoutena voidaan pitää sitä, että sähkökatkon jälkeen anturi ei "muista" paikkaansa. Paikkatieto on tallennettava järjestelmään tai laitteen käynnistämisen jälkeen se on ajettava ns. referenssipisteeseen mistä paikkatiedon laskenta voidaan aloittaa. Joissakin koneautomaation laitteissa, esimerkiksi teollisuusroboteissa, on liikkeen ja paikan mittaus toteutettu siten, että yhden akselin liike mitataan sekä inkrementti -, että absoluuttiantureilla. Tällä järjestelyllä saadaan paikka (kulma) tieto välittömästi laitteen käynnistyessä.



KUVIO 9. Pulssikiekko ja valoportti. (Pepperl-Fushs)



KUVIO 10. Inkrementtianturin pulssit. (Pepperl-Fushs)

2.7.2 Absoluuttianturi

Absoluuttianturi kykenee ilmaisemaan tarkan paikkatiedon joka hetki. Pulssit muodostuvat samoin kuin inkrementtianturissa (2.7.1.), mutta rinnakkaisten pulssien määrä voi olla jopa 16 kappaletta. Binäärikoodi, joka kertoo anturin asennon, muodostuu näin ollen kuudestatoista bitistä ja anturin kehällä on kuusi-toista rinnakkaista sektoria (vrt. inkrementtianturi, 2+1 sektoria).

Binäärikoodi muodostuu yksittäisistä biteistä joiden arvo on joko 1 tai 0 (kuvio 11). Binäärikoodin heikkoutena voidaan pitää sitä, että pahimmillaan kaikki 16 bittiä vaihtaa tilaansa yhtä aikaa.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2^4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |

KUVIO 11: Binary koodi (5 bittiä)

Binäärikoodin korvaajaksi mm. anturisovelluksissa on kehitetty ns. Gray -koodi. Gray -koodissa ainoastaan yksi bitti vaihtaa tilaansa lukuarvon kasvaessa tai pienentyessä. Kun anturia käytetään esimerkiksi mittaussovelluksissa on koodi muutettava binäärikoodiksi. Gray -koodia käytetään erityisesti pulssiantureissa missä mitattu data siirretään järjestelmään sarjamuotoisena. Esimerkki Gray -koodista on kuviossa 12.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2^4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2^0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |

KUVIO 12: Gray -koodi (5 bittiä)

Absoluuttianturin etuna voidaan pitää sitä, että kytkettäessä laitteeseen sähkötkä tai sähkökatkon jälkeen, on paikkatieto heti luettavissa. Toisaalta, verrattaessa inkrementtianturiin, on absoluuttianturissa enemmän kytkentäjohtimia. Jokaiselle pulssille on johdin ja esimerkiksi 13 bittisessä anturissa johtimia on 15 kpl. Kenttäväyliin kytkettävien antureiden yleistessä johdinmäärä kuitenkin vähennee, tavallisesti kahteen tai kolmeen johtimeen.

Absoluuttianturit voidaan jakaa toimintatapansa perusteella kolmeen ryhmään: yksikierroksiset, monikierroksiset ja kenttäväyläanturit.

YKSIKIERROKSISET ABSOLUUTTIAANTURIT

Tällä anturityypillä mitataan ainoastaan kääntymiskulmaa. Kierroksen täyttyessä ja saavutettaessa lukema 360 ast alkaa binäärikoodi uudelleen nollasta. Tietomäärän rajallisuuden vuoksi (esim. 13 bit eli rinnakkaista johdinta) voidaan käyttää rinnakkaismuotoista tiedonsiirtoa, eli jokaista bittiä varten on oma johtimensa. Esimerkin mukaisessa 13 bittisessä binäärikoodissa on $8192 (2^{13})$ tilaa, eli tarkkuudeksi kääntymiskulmalle saadaan 0,044 astetta ($360/8192$).

MONIKIERROKSISET ABSOLUUTTIAANTURIT

Useasti, käytettäessä esimerkiksi lineaarijohteita, ei riitä, että anturi kiertyy vain kerran. Monikierroksisessa absoluuttianturissa on tilatiedon lisäksi myös kierroksen laskenta. 13 bitin resoluution lisäksi voidaan anturiin integroida lisäksi 12 bittiä ilmaisemaan kierroksia. Anturin kokonaisresoluutioksi saadaan näin 25 bittiä. $2^{25} = 33\,554\,432$ tilatietoa.

Tietomäärän kasvaessa myös siirrettävän datan määrä kasvaa. Suurta datamäärää varten on kehitetty erilaisia sarjamuotoisia siirtotapoja. Näistä yleisin on SSI (Synchronous Serial Interface), jossa kellopulsilla ohjattava anturi antaa paikatiedon 2-johtimista dataväylää pitkin. Joissakin antureissa on myös mahdollisuus ohjelmoida mm. resoluutio, kiertosuunta ja nollakohta. (BEI Ideacod)

KENTTÄVÄYLÄ ANTURIT

ProfibusDP, Devicenet, Can-Open ym. kenttäväyläteknologioiden yleistyessä on mahdollisuus hankkia myös antureita ko. rajapinnoille. Erityisesti absoluuttianturit, suuren tieto- ja datamääränsä johdosta, sopivat hyvin liitettäväksi kenttäväyläarkkitehtuureihin.

3. MEKAANINEN LAITTEISTO

Ajatus opetuslaitteesta syntyi siitä, kun osastolta löytyi kaksi servokäyttöä ilman mekaanista laitteistoa. Servot on aikoinaan hankittu sillä ajatuksella, että voidaan perehtyä hieman siihen tekniikkaan mitä servomootorit ja servovahvistimet edustavat. Idea X-Y pöydästä syntyi osaksi alan messuilla esillä olleista demolaitteista. Teollisuuden ratkaisuissa pyritään usein siihen, että laitteet edustavat

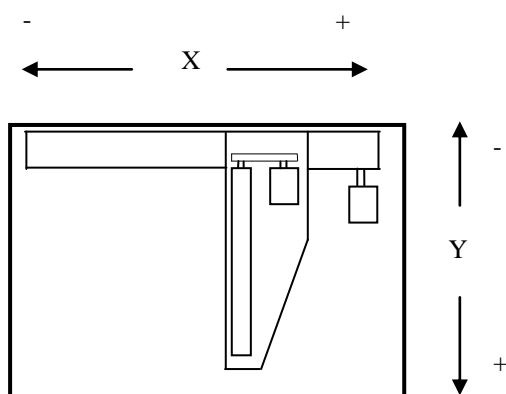
samaa teknologiaa ja toteutustapaa. Tämä selkeyttää huoltoa ja kunnossapitoa. Opetuksessa on pyrittävä päinvastaiseen ajatteluun. Eri laitteita ja mekaanisia toteutuksia on pyrittävä esiintuomaan mahdollisimman paljon. Y - liikkeen toimilaitteeksi valittiin kuularuuvi ja X - liike aikaansaadaan käyttämällä hihnavetoista lineaarimoduulia.

3.1 Alustan rakenne

Alustan runkorakenteeksi valittiin 40mm x 40mm alumiiniprofiili. Alumiiniprofiilista saadaan riittävän jäykkä, mutta samalla kevyt rakenne. Runkorakennetta voidaan myös helposti laajentaa erilaisia kiinnikkeitä hyväksikäyttäen. Liitteessä 5 on alustarakenteen mekaaninen mittapiirustus.

X-liike on toteutettu hihnavetoisella lineaarijohteella ja sen voimavälitys on toteutettu suoralla kytkennällä, kytkintä hyväksikäyttäen. Y-liike on toteutettu kuularuuvikäytöllä ja voimavälitys servon akselilta siirretään hammashihnaa käyttäen. Laitteet yhdistyy toisiinsa jäykällä alumiiniprofiililla jonka päälle kuularuuvi on asennettu. Liikeradat ja niiden suunnat on esitetty kuviossa 13.

Alustan alaosassa on kiskot keskusten asennusta varten. Ohjauskeskuksia laitteistossa on kaksi, joista toisessa on ns. I/O ja toisessa servovahvistimet sekä servo-ohjain. Kuva laitesijoittelusta on liitteissä 1 ja 2.



KUVIO 13: X-Y pöydän liikeradat

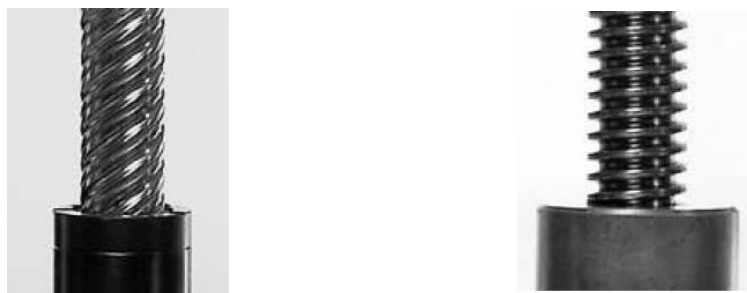
3.1.1 Energiansiirtoketju

Energiansiirtoketjun tehtävänä on ohjata lineaari- tai pystyliikkeessä olevien laitteiden energia (sähkö, paine)- ja signaalikaapelit hallitusti kiinteistä rakenteista, liikkeitä mukaillen, liikkuvissa akseleissa oleviin kohteisiin. Energiansiirtoketjuissa

on erilaisia rakenteita kaapelin asentamiselle. Lisäksi ne taipuvat vain yhteen suuntaan ja niillä voidaan rajoittaa kaapelin maksimi kulmaa käännöksissä. Energiansiirtoketjujen yhteydessä käytetään yleensä ns. robottikaapeleita, joiden johdinrakenne koostuu useasta hienosäikeisestä kuparijohtimesta. Nämä kaapelit ovat tarkoitettu käyttöihin, jotka ovat jatkuvassa liikkeessä. X-Y pöydässä on käytössä kaksi ketjua. Y-liikkeelle on pienempi, leveydeltään 200mm ja pituudeltaan 0,4m oleva Easy Chain ketju ja X-liikkeelle leveämpi, pituudeltaan 0,7m ketju.

3.2 Kuularuuvi, Y – liike

Liikervuuvikäyttöistä tavallisimpia ovat kuularuuvi ja trapetsikierrervuuvi (kuvio 14). Trapetsikierrervuuvi sopii ominaisuuksiltaan kohteisiin, missä siirretään tai asetellaan jokin kohde pienillä liikenopeuksilla ja liike ei ole jatkuvaa.

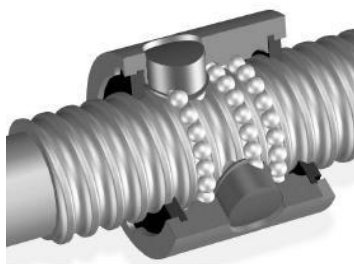


KUVIO 14 : Vasemmalla kuularuuvi, oikealla trapetsiruuvi. (Danaher)

Kuularuuvi sopii ominaisuuksiltaan kohteisiin, missä liike on jatkuvaa ja vaaditaan suurta tarkkuutta kuten esimerkiksi servokäytöissä. Normaaleissa kuularuuvikäytöissä esiintyy akselivälitystä joka voi olla suuruudeltaan muutamasta sadasosa millimetristä muutamaan kymmenesosamillimetriin.

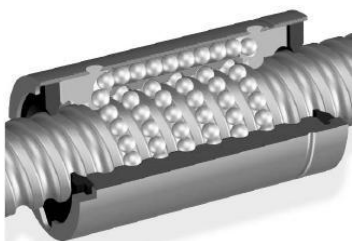
Asentamalla samalle akselille vierekkäin kaksi kuulamutteria ja esikiristämällä ne toisiinsa voidaan liiketarkkuutta nostaa. Standardin mukaisia tarkkuusluokkia, missä nousuvirheet määritetään, ovat mm. T3 $12\mu\text{m}/300\text{mm}$, T5 $23\mu\text{m}/300\text{mm}$ ja T7 $52\mu\text{m}/300\text{mm}$. (Thomson Neff).

Rakenteeltaan kuularuuveja on erilaisia. Kuviossa 15 on yksinkertainen rakenne, missä kierteen urassa olevat kuulat nostetaan ylös jokaisella kierroksella ja palautetaan seuraavaan kierre uraan. Sisäisiä kierroksia on yleensä vain muutama.



KUVIO 15 : Single return duct. (Thomson Neff)

Yksi vaihtoehto kuularuuvien mutterin rakenteelle on useita kuularuuvikierroksia sisältävä rakenne (kuvio 16). Kuulat kulkevat mutterin sisällä useamman kierroksen ja palautuvat alkuun mutterin sisälle integroitua kanavaa pitkin.



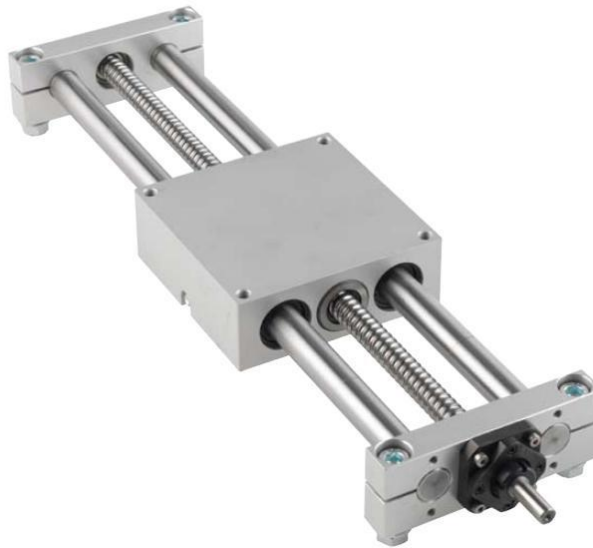
KUVIO 16: Return duct. (Thomson Neff)

Paluukanavia voi olla myös kaksi (kuvio 17). Mutterin rakenteessa kuulat kulkevat ja palautuvat alkuun mutterin päissä olevien päätykansiin rakennettuja kanavia käyttäen.



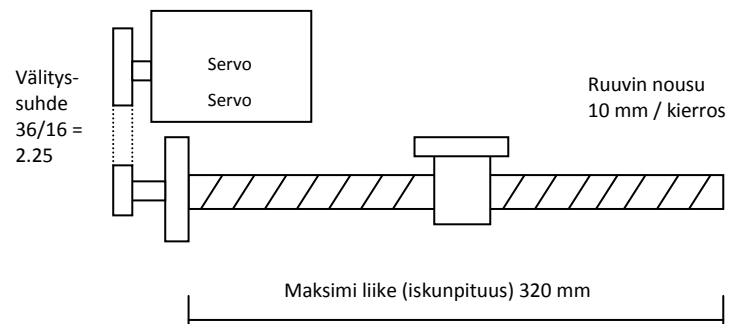
KUVIO 17 : Multi-turn return duct. (Thomson Neff)

X-Y pöydän Y-liike on toteutettu Rollcon asennusvalmiilla Quadro Table - lineaariyksiköllä (kuvio 18). Lineaariyksikössä ei ole valittu suojapalkeita havaintoteknisistä syistä. Lineaariyksikön kokonaispituus on 418 mm ja iskunpituus 320 mm. Kuularuuvi liikuttaa kelkkaa 2,5 mm jokaista kuularuuvien kierrosta kohti.



KUVIO 18: Kuularuuvilla toteutettu lineaarimoduli. (Rollcon)

3.2.1 Kuularuuvin mekaniikka



KUVIO 19: Kuularuuvin mekaniikka ja mitoitus.

Kuularuuvin nousu on 2,5 mm/kierros. Maksimi liike (iskunpituus) on 320 mm ja voiman välitys on toteutettu hammashihnalla. Moottorin akselilla on 36 urainen hammaspyörä ja kuularuuvin akselilla 16 urainen hammaspyörä. Välityssuhteeksi

saadaan $\frac{36}{16} = 2,25$ (kuvio 19).

Moottorin enkooderin tarkkuus on 2048 pulssia / kierros. Junma vahvistimen ominaisuus on, että se lukee moottorin enkooderin resoluution nelinkertaisena, eli A ja B pulssien nousevat ja laskevat reunat. Tämä tarkoittaa sitä, että vahvistin ”näkee” pulssireunoja 4×2048 eli 8192 kappaletta moottorikierrosta kohden. Oheinen mitoitus lähtee siitä, että kuularuuvien liikkeen tarkkuudeksi saadaan 0.01 mm.

Lasketaan ensin referenssipulssien määrä yhtä kuularuuvien kierrosta kohti:

$$\frac{2,5mm}{0.01mm} = 250$$

250 pulssia vastaa siis yhtä kuularuuvien kierrosta ja yksi pulssi 0.01 mm:ä.

Välityksestä johtuen kuularuuvi pyörähtää 2,25 kertaa yhtä servomoottorin akselin pyörähdystä kohden.

Sähköiseksi vaihdelaatikoksi saadaan laskemalla seuraava:

$$\left(\frac{B}{A}\right) = \frac{\text{Enkooderin}_\text{pulssit}}{1_\text{moottorin}_\text{kierros}} \times \frac{1_\text{moot}_\text{kierros}}{2.25_\text{kuularuuvien}_\text{kier.}} \times \frac{1_\text{kuular.}_\text{kierros}}{2,5_\text{mm}}$$

$$\left(\frac{B}{A}\right) = \frac{2^{13}}{1} \times \frac{1}{2,25} \times \frac{1}{2,5} = \frac{2^{13}}{5,625} \quad | \times 1000 = 2^{13} \times \frac{1000}{5625}$$

Servovahvistimen parametrit asetellaan seuraavasti: $\text{UNITS} = 2^{13}$

$\text{Pn20E} = 1000$

$\text{Pn210} = 5625$

Sähköisen vaihteiston luvut on oltava kokonaislukuja. Lukujen suhteeksi saadaan $1000/5625 = 0,1778$ ja servo-ohjaimen ohjekirjan mukaan suhdeluvun tulee asettaa lukujen 0.01 – 100 väliin.

3.2.2 Hihnakäyttö

Hihnakäytön tehtävänä on välittää moottorin synnyttämä voima kuularuuvikäyttöille. Hammashihna ja –pyörä valmistajien taulukot pitävät sisällään laajat valikoimat erilaisia vaihtoehtoja. Valintaan vaikuttavat erityisesti hammashihnakäytön pyörimisnopeus ja tehonsiirtotarve. Rakenteissa on huomioitava lujuuskestä-

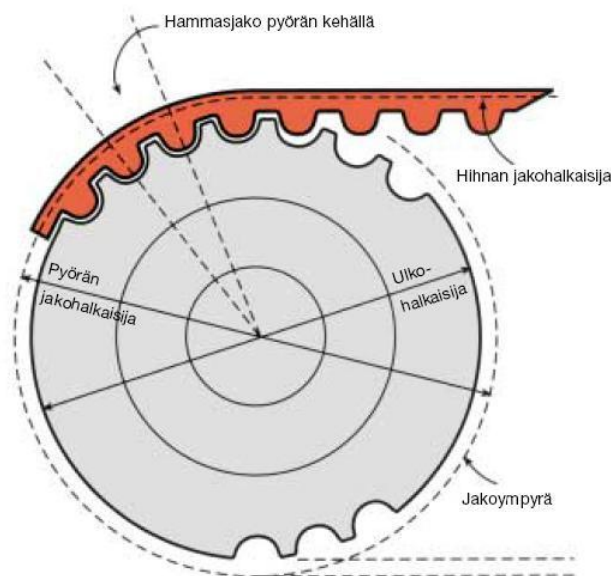
vyys, taivutuskestävyys ja venymiskestävyys sekä suojautuminen erilaisia ulkoisia tekijöitä vastaan kuten esimerkiksi öljy ja kosteus.

Hammashihnan kolme päämittaa ovat hammasjako, jakopituus ja leveys. Vastaa- vasti hammashihnapyörässä nämä ovat hammasjako, hammasluku ja leveys.

Hammasjako on kahden vierekkäisen hampaan keskiviivan välinen etäisyys milli- metreinä mitattuna jakolinjaa pitkin, kuva 20.

Hihnojen hammasjaoista käytetään merkintöjä 3M, 5M, 8M jne. missä luku ker- too jaon millimetreinä. Vastaavasti hihnan jakopituus on hihnan kokonaispituus, millimetreinä mitattuna, jakolinjaa pitkin.

Hammaspyörän valinnassa tulee huomioida sen rakenne (alumiini, valurauta tms.), hammasluku, millä asetellaan mm. välityssuhteet, sekä kiinnitys käytön ak- selille. Hammaspyörästä löytyy usein mm. valmiiksi työstetyt esiporaukset tietyn kokoiselle akselille sekä taulukkotieto maksimi porauksesta ko. pyörälle.



KUVIO 20 : Hammashihnapyörän termistöä. (SKS)

Y-liikkeelle tarvittavan hammashihnan hammasjako valittiin valmistajan taulukon mukaan 200W suunnitteluteholla. Tämä teho on servomoottorin nimellisteho. Käytännössä, kun liikealueet ovat rajalliset, laitteiston ohjaustehot tulevat ole- maan pieniä. Taulukon mukaan hammasjako 5M on suositeltava, mikäli pyöri-

misnopeus liikkuu alle 100 r/min. Pyörimisnopeusalueen 100 - 1000 r/min alueella suositus on 3M jaolla olevalle hihnalle. Suunniteltaessa vaativampia käyttäjiä tulee huomioida myös erilaiset käyttökertoimet, mitkä vaikuttavat hihnan ikään. Näitä voivat olla mm. jaksottainen käyttö, mahdollisen kiristyspyörän käyttäminen, ylennyskäyttö sekä käytettävä (esim. puusorvi) kone ja käytävä (esim. tasavirtamoottori) kone.

Hammashihnan (3M) valinnan jälkeen valitaan hammashihnapyörät.

Kuularuuvikäytön akselin halkaisija oli vain 4mm ja tämä vaikeutti sopivan hammaspyöräyhdistelmän löytämistä. Vastaavasti servomoottorin akselin halkaisija oli 14mm ja lopputuloksena oli ns. ylennyskäyttö missä yksi servoakselin pyörähdys vastaa 2,25 kuularuuviakselin pyörähdystä. Kuularuuvikäytössä hammasluku on 16 ja servokäytössä 36.

Päinvastaiseen jakosuhteeseen (alennuskäyttö) tai 1:1 välitykseen olisi päästy, mikäli kuularuuvin akseli olisi ollut halkaisijaltaan vähintään 6 mm tai vastaavasti servomoottorin akseli olisi ollut halkaisijaltaan pienempi kuin 14mm.

Servomoottorin ja kuularuuvikäytön akseleiden maksimi etäisyys toisistaan sijoitui välille 72,5 – 150 mm. Hammashihnan pituuden laskennan perusteeksi otettiin 100mm akseliväli. Valmistajan datalehdiltä löydetyn kaavan mukaan hammashihnan pituus voidaan laskea seuraavasti:

$$L = 2xCx \sin \frac{\beta}{2} + \frac{\Pi}{2} \left[D + d + \left(1 - \frac{\beta}{180} \right) x(D - d) \right]$$

missä C = akseliväli

$$\beta = \text{kiertokulma} \quad \beta = 2x \cos^{-1} \left[\frac{D-d}{2C} \right] = 0,0955$$

D = isomman pyörän jakohalkaisija (mm)

d = pienemmän pyörän jakohalkaisija (mm)

100 mm akselinvälillä saadaan hihnan pituudeksi:

L =

$$2 \times 100 \times \sin \frac{0,0955}{2} + \frac{\Pi}{2} \left[33,62 + 14,52 + \left(1 - \frac{0,0955}{2} \right) x (33,62 - 14,52) \right] =$$

$$278,91 \text{ mm}$$

Valmistajan taulukosta valitaan saatua tulosta lähinnä oleva hihnan pituus, joka on 270 mm.

Akselinväli voidaan nyt laskea kaavalla:

$$C = \frac{1}{2} x \frac{1}{\sin \frac{\beta}{2}} \left\{ L - \frac{\Pi}{2} \left[(D + d) + \left(1 - \frac{\beta}{180} \right) x (D - d) \right] \right\}$$

$$C = \frac{1}{2} x \frac{1}{\sin \frac{169}{2}} \left\{ 270 - \frac{\Pi}{2} \left[(33,62 + 14,52) + \left(1 - \frac{169}{180} \right) x (33,62 - 14,52) \right] \right\}$$

Tulokseksi saadaan 96,72 mm.

Hammashihnan kiristys tapahtuu servomoottorin kiinnitysalustalla, liite 7, missä on ovaalin muotoiset kiinnitysreiät ja säätövaraa noin 8 mm.

3.3 Lineaarijohde, X – liike

Yksinkertainen tapa toteuttaa lineaariliike on käyttää hihnäkäyttöistä lineaarijohdetta. Lineaarijohdin rakentuu liukujohteesta joka voi olla tavanomainen taso-, lohenpyrstö- tai prismajohdejohde. Johteen liukupinnat voivat olla kosketuksessa toisiinsa ilman väliainetta. Kun halutaan pitää kitka pienenä ja mahdollisimman vakiona voidaan johdepinnoille toteuttaa välillinen kosketus. Väliaineina voi olla kaasukalvo (aerostaattinen voitelu), nestekalvo (hydrostaattinen tai -dynaaminen voitelu), sähkö- tai magneettikenttä tai toteutus vierintälaakerein.

Koneenrakennuksessa johteilta vaaditaan hyvää geometristä tarkkuutta, suurta jäykkyyttä ja välyksettömyyttä, hyvää kulumiskestävyyttä sekä pientä kitkaa.

Hammashihnatoteutus on parhaimmillaan sovelluksissa joissa liikuteltavat mas-

sat ovat pieniä, nopeudet suuria ja vaaditaan tarkkuutta paikoituksissa. Lisäksi hammashihnat ovat äänettämiä. Ongelmia voi muodostua hihnan venymisestä sekä lujuuskestävyydessä mikäli kiihdytysajat ovat nopeita ja kuormitus suuri. (Salminen)

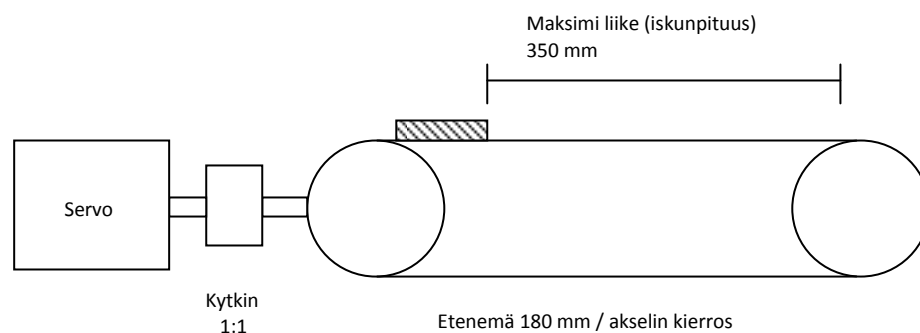


KUVIO 21: Hihnäkäyttöinen lineaarijohde. (Rollco)

X-Y pöydän toteutuksessa käytettiin Rollcon valmistamaa lineaariyksikköä (kuvio 21) iskunpituudeltaan (Stroke) 350 mm. Moduulin fyysiset mitat ovat 80 mm x 80 mm x 760 mm. Moduuli on varustettu kelkalla (Slider) jonka pituus, 100mm, pienentää tehollista iskunpituutta pituutensa verran. Moduulit voidaan valmistaa tarvittavan iskunpituuden mukaan, joka voi olla useita metrejä.

Lineaarijohteeseen kytkettävän käytön, esimerkiksi servon, akselin mukaan määrittyy lineaarijohtimen kytkentä-akseli. Akselien halkaisijat voivat olla kooltaan erilaiset, jolloin sovitusta tapahtuu kytkimen tai vaihteiston avulla.

3.3.1 Lineaarijohteen mekaniikka



KUVIO 22: Lineaarijohteen mekaniikka ja mitoitus.

Hihnavetoisen lineaarijohtimen liike on 180 mm / akselin kierros. Maksimiliike eli iskunpituus on 350 mm ja servomoottorin akseli on suoraan kytketty lineaarijohtimen akseliin kytkimellä, välityssuhteen ollessa 1:1 (kuvio 22).

Moottorin enkooderilta tuleva pulssimäärä on, kuten kuularuuvikäytössäkin, 8192 pulssia/kierros. Mitoitusperusteen lähtökohdaksi on valittu 0.01mm.

Referenssipulssien määrä yhtä hihnavetoisen lineaarijohteen akselin kierrosta kohti on:

$$\frac{180 \text{ mm}}{0.01 \text{ mm}} = 18000$$

18 000 pulssia vastaa siis yhtä akselin kierrosta ja 180 mm siirtymää. Yhdellä pulssilla etenemä on 0.01 mm.

Sähköiseksi vaihdelaatikoksi saadaan laskemalla:

$$\left(\frac{B}{A}\right) = \frac{2^{13}}{1} \times \frac{1}{180} = \frac{2^{13} \times 1}{1 \times 2^2 \times 45} = 2^{11} \times \frac{1}{45}$$

Servovahvistimen parametrit asetellaan seuraavasti: UNITS = 2¹¹

Pn20E = 1

Pn210 = 45

Sähköisen vaihteiston luvut on oltava kokonaislukuja. Lukujen suhteeksi saadaan 1/45 = 0,0222 ja servo-ohjaimen ohjekirjan mukaan suhdeluvun tulee asettua lukujen

0.01 – 100 väliin.

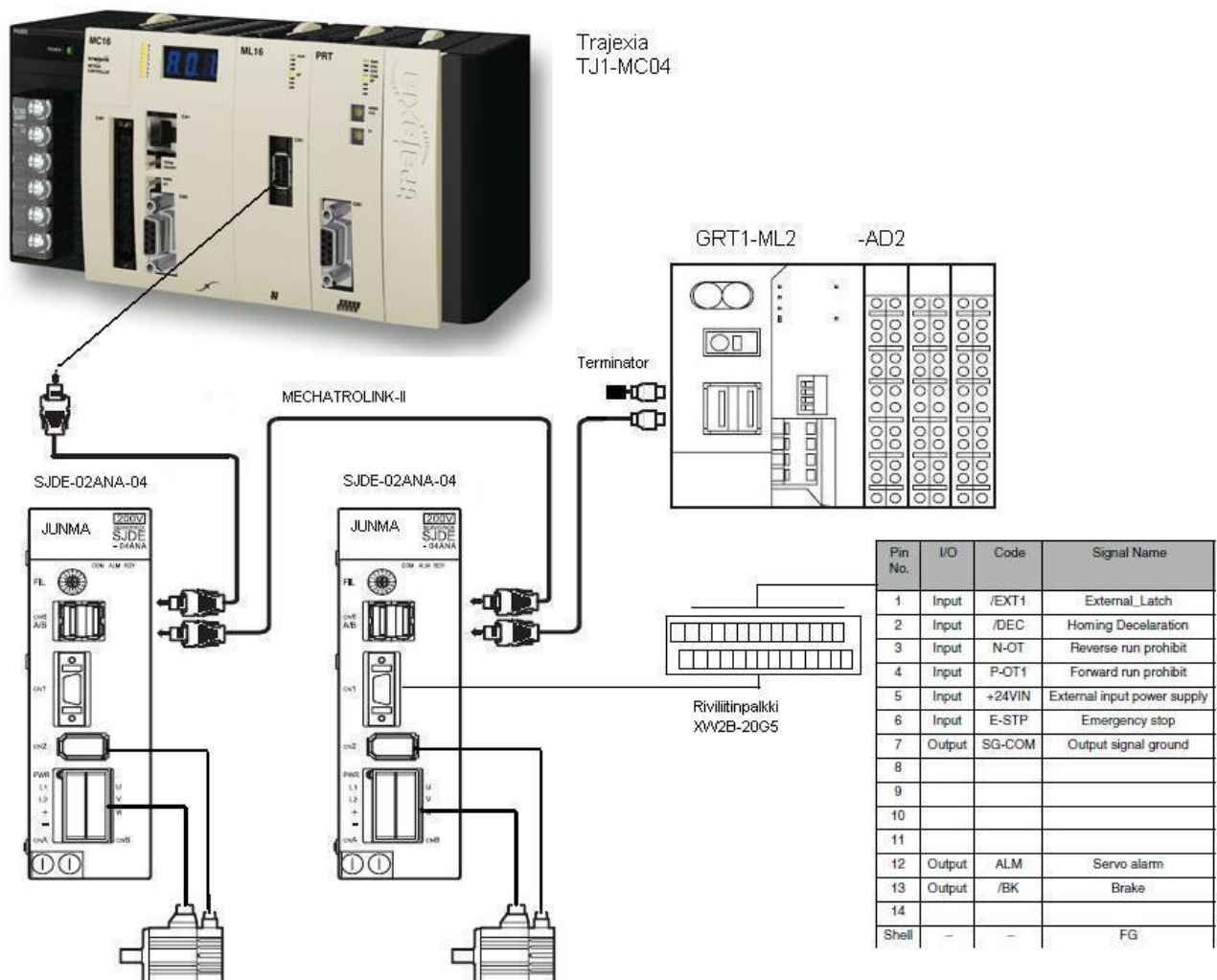
4. SÄHKÖISET OHJAUKSET

4.1 Fyysinen laitteisto

Kuviossa 23 on esitetty laitteiston kokoonpano. Servo-ohjaimena toimii Omronin Trajexia TJ1-MC04. Moottoreina ovat Junma SJME-02AMC41-0Y servomoottorit tehoiltaan 200W. Servomoottorien ohjaimina toimivat Omronin servovahvistimet SJDE-02ANA-04. Vahvistimissa on liityntä ulkoisille tilatiedoille, esimerkiksi liikkeen ääriajakytkimet, ja ne kytketään omalla liitinpaneelilla vahvistimen liitinastoihin.

Ulkoiset I/O signaalit voidaan kytkeä Trajexian liitinpaneeliin. Vaihtoehtoisesti signaalit voidaan kytkeä väylässä olevaan ulkoiseen GRT1-ML2 yksikköön, mihin voidaan valita useita erilaisia liityntäkortteja. Tässä laitekokoonpanossa on käytössä yksi laajennusyksikkö, GRT1-AD2, missä on kaksi analogista tulokanavaa.

Laitteet yhdistetään toisiinsa Mechatrolink- II väylän avulla.



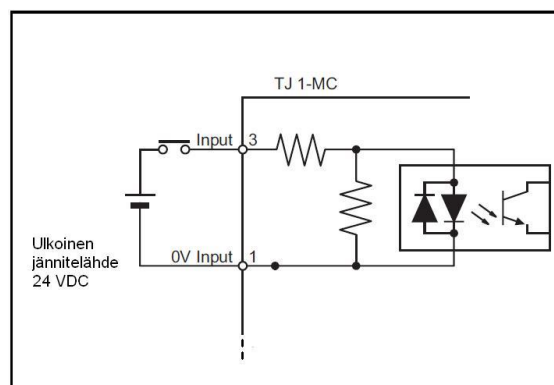
KUVIO 23: Sähköisen laitteiston kokoonpano.

SERVO-OHJAIN

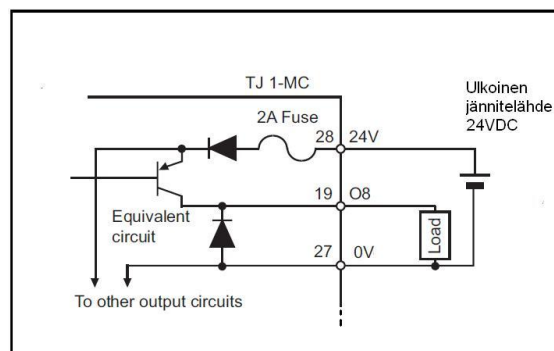
Trajexian servo-ohjaimen kokoonpano koostuu jännitelähteestä, servo-ohjaimesta MC04, Mechatrolink- II kommunikointiyksiköstä ML-04 ja terminaalista TJ1-TER, joka varmistaa Trajexian sisäisen väylän toiminnan. Käyttäjälityntä ohjaimelle tapahtuu Ethernet -liitynnän kautta.

Kaikilla ohjelmankierto ajoilla (0.5ms, 1.0ms ja 2.0ms) voi ohjattavia akseleita olla maksimissaan 4. Lisäksi muita ohjattavia laitteita voi olla 4-8. Mechatrolink- II kommunikointiyksikkö ML04 kuitenkin rajoittaa ohjattavien ja kytkettävien laitteiden määrän maksimissaan neljää. X-Y pöydänlaitekokoonpanossa voisi olla vielä yksi väylään liitettävä laite, esimerkiksi taajuusmuuttajakäyttö.

Servo-ohjaimessa on 16 digitaalista tuloa (kuvio 24) ja 8 digitaalista lähtöä (kuvio 25). Nämä ovat vapaasti ohjelmoitavissa käyttäjän ohjelmassa. Ulkoisten antureiden ja ohjausten kytkennät tapahtuvat kuvissa 22 ja 23 esitetyillä tavoilla. Tulosignaalin suuruus on 5 mA 24 V jännitteellä. Jännitetasolla > 14.4 V signaali on "ON" ja tasolla < 5.0 V signaali on "OFF". Vasteaika tulolle on 1250 μ S eli 800 Hz. Yhden lähdön ottama maksimivirta voi olla 100 mA.



KUVIO 24: Tulotiedon kytkentä MC04 - yksikössä.

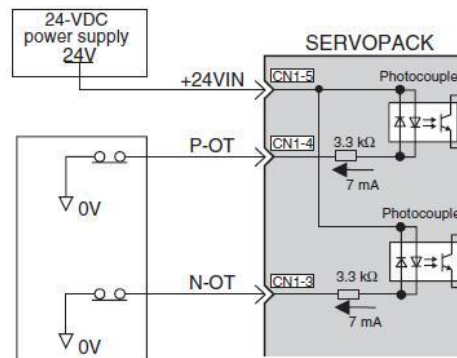


KUVIO 25: Lähtötiedon kytkentä MC04 - yksikössä.

SERVOVAHVISTIN

Servovahvistimen tehtävänä on ohjata servomoottorille sen tarvitsema virta, säätää pyörimisnopeutta ja valvoa eri signaalien avulla liikkeen äärirajoja ja käyttäjän mahdollisia Hätä-Seis ohjauksia.

Vahvistimessa on 6 digitaalista tuloa ja kaksi lähtöä. Kuviossa 26 on esimerkki siitä, kuinka liikkeen äärirajakytkimet liitetään vahvistimeen. Kuvasta näkee myös kyseisiin signaaleihin vaikuttavat parametrit ja niiden merkitys. Erityisesti on huomattava ns. ”maadoittava” toiminto, joka tarkoittaa sitä, että jos käytössä on ns. PNP anturit on signaalit kytkettävä välireleen avulla. Liitteen 4 ohjausvirtapiiri-kaaviossa on esitetty välireleet K1 – K4.



| Signal Name | Signal | Function | |
|------------------------------|--------|-----------------------|---|
| Forward Run Prohibited Input | P-OT | ON at low (L) level | Forward run allowed (normal status) |
| | | OFF at high (H) level | Forward run prohibited (reverse run is allowed) |
| Reverse Run Prohibited Input | N-OT | ON at low (L) level | Reverse run allowed (normal status) |
| | | OFF at high (H) level | Reverse run prohibited (forward run is allowed) |

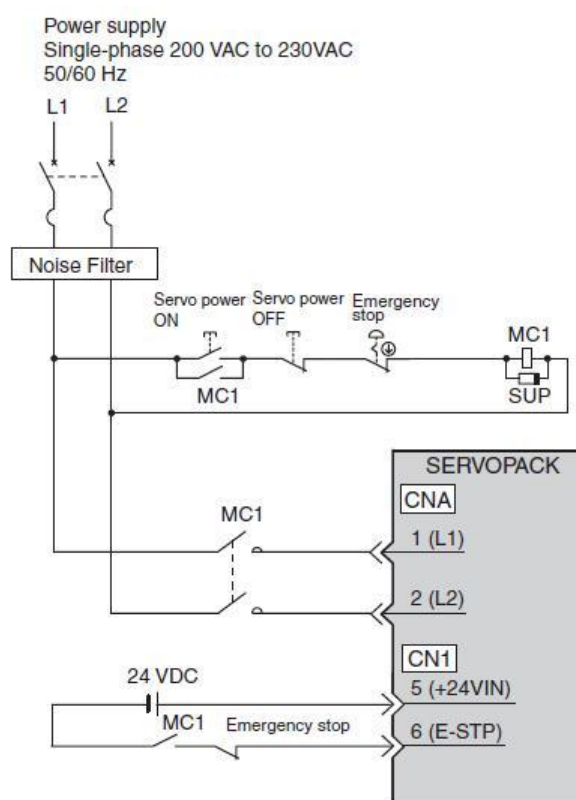
■ Related Parameters

| Parameter | | Descriptions |
|-----------|--------|---|
| Pn.50A | n.2□□□ | Forward run permitted when CN1-4 input signal is ON (L level) |
| | n.8□□□ | Always forward run allowed |
| Pn.50B | n.□4□□ | Reverse run permitted when CN1-3 input signal is ON (L level) |
| | n.□4□□ | Always reverse run allowed |

KUVVIO 26: Servovahvistimen tulosignaalien kytkentäesimerkki. (Omron)

Junma servovahvistin mahdollistaa servo-ohjauksen ainoastaan paikoitus käytössä (ATYPE=40). Mikäli tarvitaan nopeus- tai momenttiohjauskäyttöä on valittava Omronin Sigma-II sarjan servovahvistin.

Servovahvistimen jännitesyöttö ja Hätä-Seis piiri on esitetty kuviossa 27. Äärirajakytkintietojen ja Hätä-Seis piirin lisäksi vahvistimeen voidaan tuoda yksi valinnainen (EXT1) signaali sekä signaalitieto siitä kun lähestytään ns. kotipaikkaa ja siirrytään hidastettuun ajoon (/DEC).



KUVIO 27: Servovahvistimen jännitteensyöttö ja H-S piirin kytkentä. (Omron)

Vahvistimessa on tulosignaalien lisäksi kaksi lähtösignaalia. Toinen ilmaisee häiriön servovahvistimessa (ALM) ja toisella ohjataan jarrua (/BK).

SERVOMOOTTORI

Servomoottorina on Junma –sarjan servo SJME-02AMC41-0Y. Moottorin arvot ovat seuraavat:

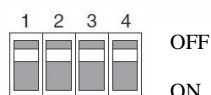
| | |
|------------------------|-------------------------|
| Teho | 200 W |
| Jännite | 200 V |
| Nimellisvirta | 1,1 A (max. 3,3A) |
| Nimellismomentti | 0,637 Nm (max. 1,91 Nm) |
| Maksimi pyörimisnopeus | 3000 1/min |

Kyseisessä servossa ei ole ns. servojarrua.

GRT1 I/O -MODULI

Moduuli koostuu kommunikointiyksiköstä ja I/O –yksiköistä. Käyttämällä laajenusyksikköä GRT1-TBR voidaan järjestelmään liittää maksimissaan 64 I/O -yksikköä. Kommunikointiyksikkö on liitetty Trajexia liikkeenohjausyksikköön Mechatrolink- II väylän avulla. Liittyminen muihin järjestelmiin on mahdollista käyttäen esimerkiksi Profibus-DP tai DeviceNet kommunikointiyksiköitä.

I/O yksiköt voivat olla digitaalisia tulo- tai lähtöyksiköitä, tasa- tai vaihtojännitteelle, sekä pulssi- ja analogiayksiköitä. Analogiayksiköissä voidaan DIP kytkimellä valita sisään tulevan signaalin taso, kuvio 28.



| Pin No. | Setting | Specifications |
|---------|---|---|
| 1 | Input Terminal: Input range setting for Inputs 0 and 1. | Default setting: All pins OFF |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | Input range setting method | OFF: Set using Setting Tool. ON: Set using DIP switch. (The DIP switch settings are disabled when this pin is OFF, i.e., when the Setting Tool is used.) Note Default setting: OFF |

| Input range | Pin 1 | Pin 2 | Pin 3 |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| 0 to 5 V | OFF | OFF | OFF |
| 1 to 5 V | ON | OFF | OFF |
| 0 to 10 V | OFF | ON | OFF |
| -10 to 10 V | ON | ON | OFF |
| 4 to 20 mA | OFF | OFF | ON |
| 0 to 20 mA | ON | OFF | ON |
| Cannot set for other ranges. | --- | --- | --- |

KUVIO 28: Analogisen tuloyksikön DIP kytkimen asetukset.

MECHATROLINK-II

Mechatrolink-II kenttäväylä on suunniteltu tehdasautomaation nopeisiin laiteohjauksiin kuten servo- ja taajuusmuuttajakäyttöihin sekä I/O moduuli ohjauksiin. Väylässä on yksi Master ja maksimissaan 30 Slavea. Tiedonsiirtonopeudeksi on määritelty 10 Mbps ja ohjelmankiertoaika, sykli, asettuu välille 250 μ s – 8 ms riippuen väylässä olevien laitteiden määrästä. Kaapelina käytetään suojattua, kaksijohtimista, parikierrettyä kaapelia jonka pituus on maksimissaan 50 metriä ja minimissään 0,5m, sekä impedanssi 130 Ohm. Väylä päätetään molemmista päistä ns. päätevastuksella. Datakehysten (Frame) pituus voidaan valita joko 17 tai 32 tavua sisältäväksi. (www.mechatrolink.org)

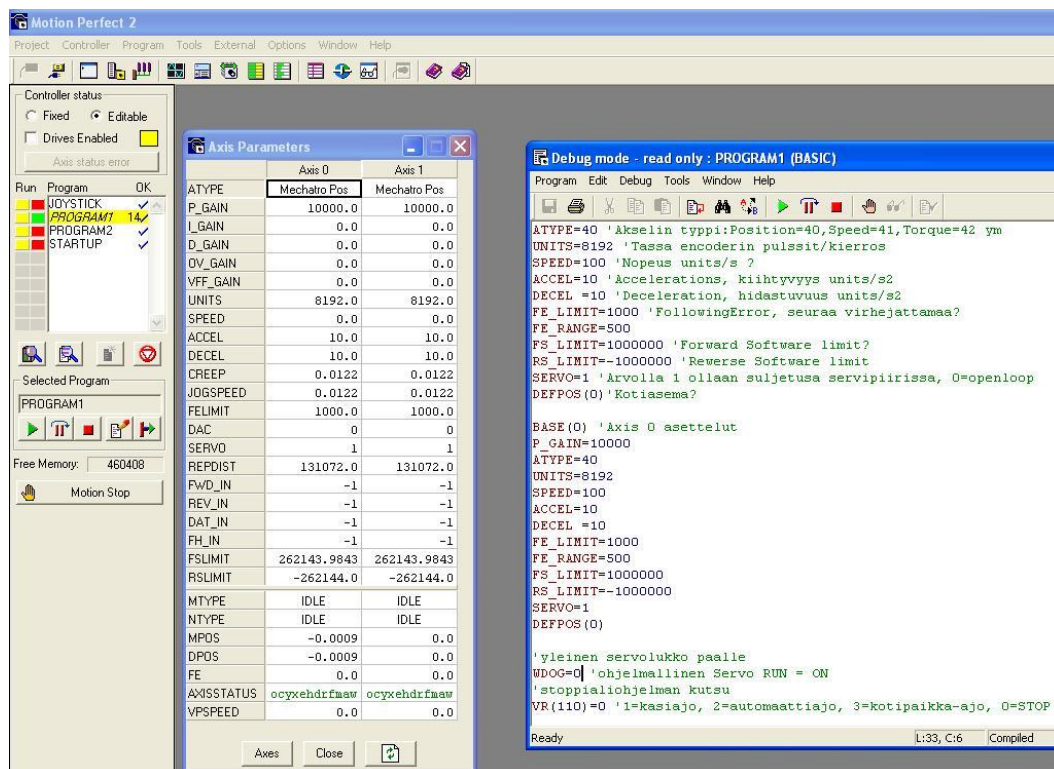
Omronin Junma servoympäristössä väylän maksimi pituudeksi määritellään 30m, mutta sitä voidaan laajentaa erityisillä toistimilla (repeaters). Väylään kytkettävien laitteiden osoite määritetään laitteissa olevilla kiertokytkimillä. Osoite määritellään hex lukuna välillä 1-9 ja A-F,0. Luku lisätään arvoon 40 (Hex) jolloin todelliset asemanumerot voivat olla 41, 42 ...4A,4B .. 4F ja 50. Laitteiden lukumääräksi saadaan näin 16.

Joissakin tapauksissa voidaan, riippuen ohjaimesta, väylään kytkeä kaikki 30 slavea. Tällöin osoitteet jatkuvat luvusta 51 (Hex). (Trajexia hardware)

4.2 Ohjelmat

Servo-ohjaimen ohjelmointi tapahtuu käyttäen Motion Perfect 2 (Trajexia Tools) ohjelmointiympäristöä. Ohjelma on käytännössä ns. terminaaliohjelma, jota käytetään online - tilassa. Kytkeytyminen ohjaimeen, MC04, tapahtuu Ethernet liitynnän avulla.

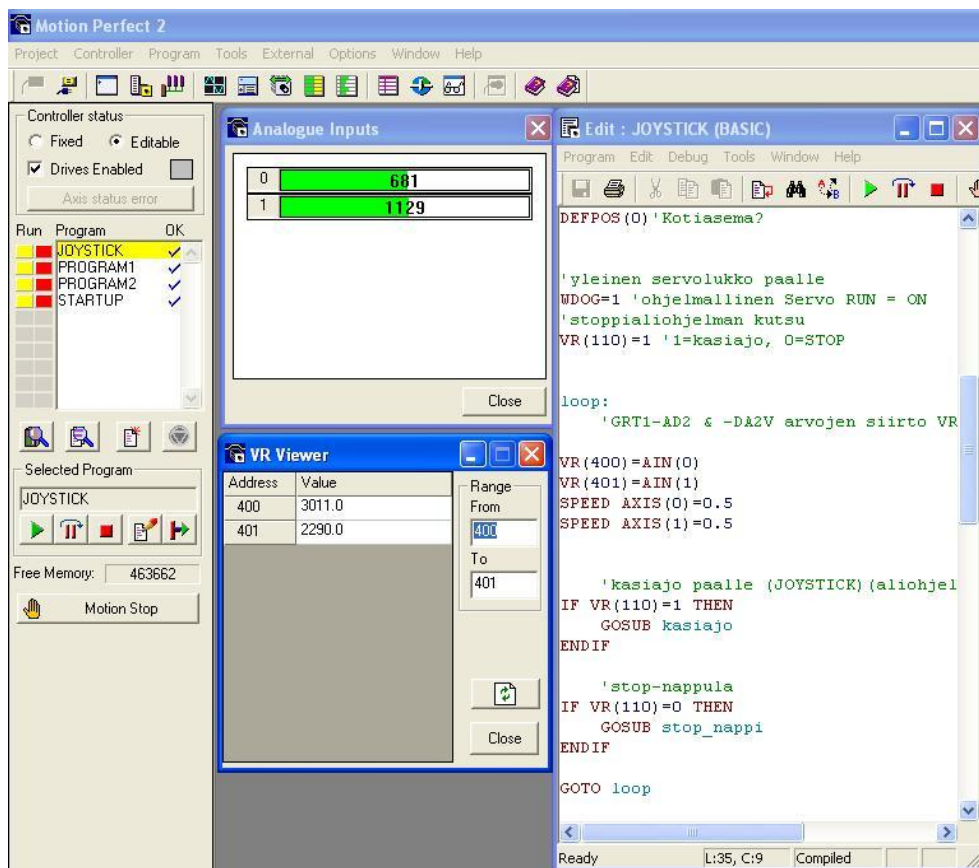
Kun yhteysasettelut on tehty ja ohjelma kytkeytynyt servo-ohjaimeen voidaan ohjainta tarkastella usean eri ikkunan avulla. Tästä on esimerkki kuviossa 29. Ikkunassa "Axis Parameters" (kuvassa vasemmalla) nähdään akselikohtaiset asetukset ja niiden monitorointi. Oikealla oleva ikkuna "PROGRAM 1" on käyttäjän laatima ohjelma jonka alussa määritellään asetukset tyypillisimmille asetuksille. Näitä ovat mm. akselin tyyppi, käytettävä yksikkö, nopeus, hidastus- ja kiihdytysajat.



KUVIO 29: Motion Perfect 2 näkymä.

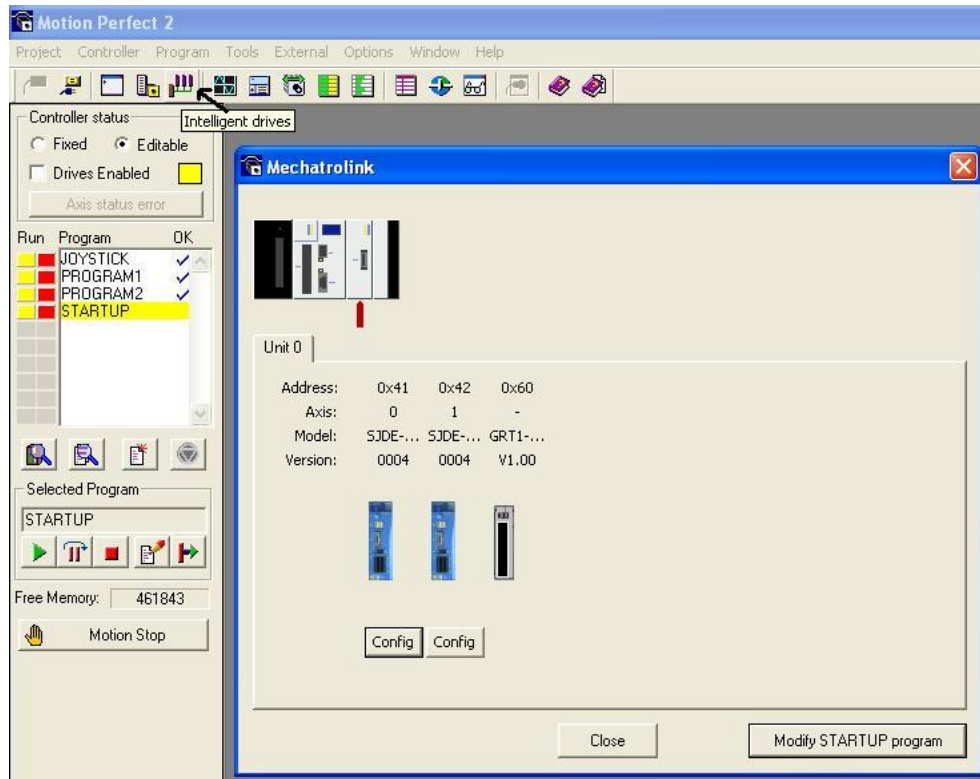
Kuviossa 30 on näytetty muuttujien monitorointi. "VR values" ikkunassa voidaan tarkastella ohjelmallisesti tallennettuja muuttujia. Esimerkissä on muuttujiin VR 400 ja VR 401 analogiakanavista tallennetut lukuarvot. Nämä arvot on päivitettävä ikkunassa olevalla painikkeella. Vastaavat arvot voidaan myös suoraan monitoroida "Analogue Inputs" ikkunassa. Tässä ikkunassa arvot näkyvät reaaliaikaisina.

Kuviossa on esitetty myös "Edit: Joystick (Basic)" ikkuna, joka on avautunut kun vasemmassa reunassa oleva, käyttäjän laatima, ohjelma avataan. Ikkunassa ohjelmaa voidaan muuttaa, tehdä tarkistuskäännös (compile) ja tallentaa, minkä jälkeen komennolla "run" suorittaa ajo.

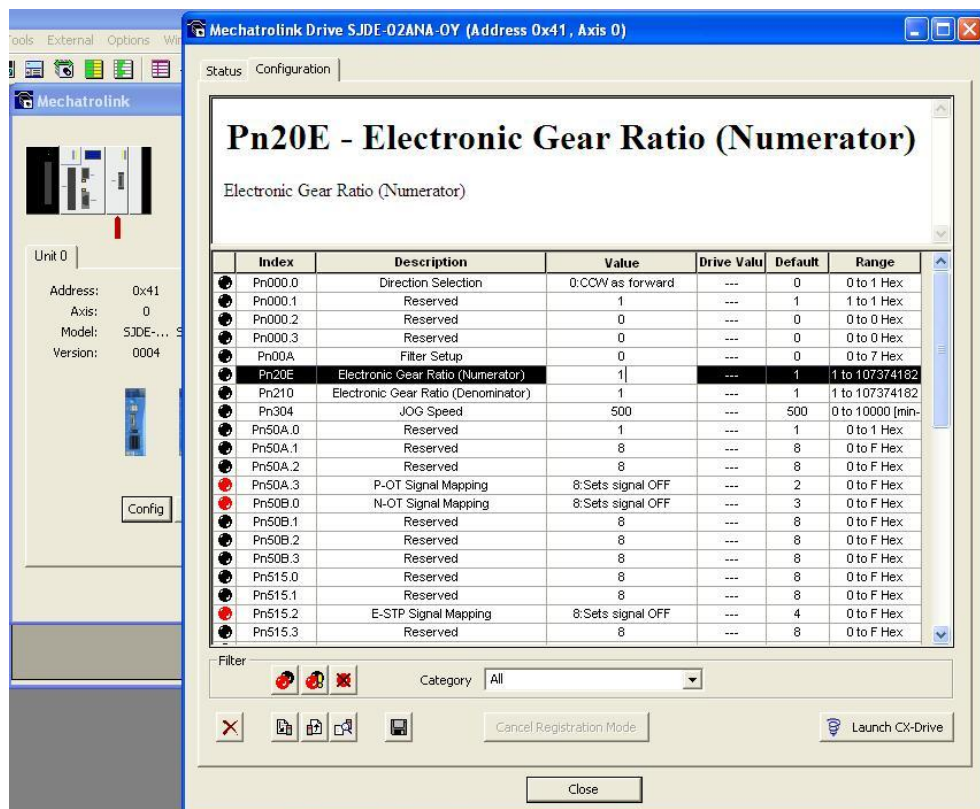


KUVIO 30: Muuttujien monitorointi ja ohjelma.

Ikkunassa "Intelligent Drives", kuvio 31, kytkeydytään Mechatrolink- II laitteisiin. Ikkunassa voidaan tarkastella laitteiden tilaa ja suorittaa niille parametrien muutoksia. Valitsemalla servovahvistimesta "Config" voidaan kyseisen akselin asetuksia muuttaa. Mikäli esimerkiksi ääriarajat P_OT ja N_OT eivät ole kyseisellä akselillä käytössä tulee ne poistaa myös asetuksista asettamalla ko. arvot tilaan "OFF". Samoin menetellään mm. E-STP, eli Hätä-Seis toiminnon kanssa. Edellä mainitut asetukset tulee usein kysymykseen laitteen koeajovaiheessa kun moottoria ei ole kytketty vielä toimilaitteeseen. Parametri-ikkuna on esitetty kuviossa 32.

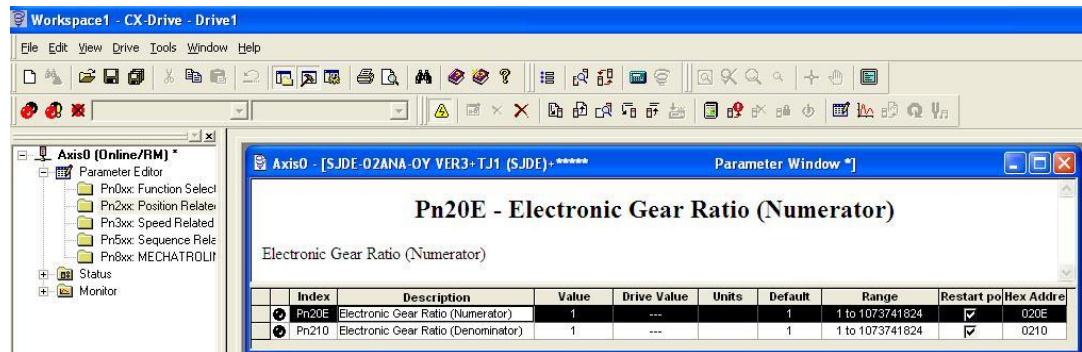


KUVIO 31: Intelligent drives.



KUVIO 32: Servo-ohjaimen asetukset.

Kuularuuvin ja lineaarijohteen mekaniikan mitoituksessa määritettiin ns. sähköisen vaihdelaatikon arvot. Laitevalmistajan suositus on, että vaihdelaatikon arvo on 1. Asetusta voidaan muuttaa Motion Perfect 2 ohjelmalla, siirtymällä servo-ohjaimen ”config” asetuksiin. Vaihtoehtoisesti parametrien muuttamiseen voidaan käyttää CX-Drive ohjelmaa, kuvio 33.



KUVIO 33: Sähköisen vaihdelaatikon asetukset, CX-Drive.

4.2.1 Ohjelmointiesimerkki

Oheiset ohjelmarivit ovat Joystick - ohjelmasta, missä luetaan ohjainlaitteen asentoa ja liikutetaan X-Y akselistoa samassa suhteessa.

Ohjelman alussa määritellään molemmille akseleille perusasetukset seuraavasti:

| | |
|----------------|---|
| BASE(1) | 'Asetellaan akselia (1) |
| P_GAIN=100 | 'Vahvistuksen arvo |
| I_GAIN=2 | 'Integrointi-arvo |
| ATYPE=40 | 'Akselin tyyppi: Position=40, Speed=41, Torque=42 |
| UNITS=8192 | 'Encoderin pulssit / kierros |
| SPEED=10 | 'Nopeus units/s |
| ACCEL=0.1 | 'Accelerations, kiihtyvyys units/s ² |
| DECEL =0.1 | 'Deceleration, hidastuvuus units/s ² |
| FE_LIMIT=1000 | 'FollowingError, seuraa virhejättämää |
| FE_RANGE=500 | |
| FS_LIMIT=5000 | 'Ohjelmallinen liikeraja eteenpäin |
| RS_LIMIT=-5000 | 'Ohjelmallinen liikeraja taaksepäin |
| SERVO=1 | 'Arvolla 1 ollaan suljetussa servopiirissä |
| | 0=openloop |
| DEFPOS(0) | 'Kotiasema |

Vahvistimen päälle ohjaus voidaan suorittaa ohjelmallisesti:

```
WDOG=1                'ohjelmallinen Servo RUN = ON
```

Muuttujaan VR(110) annetaan ajotapa:

```
VR(110)=1              '1=kasiajo, 0=STOP
```

Luetaan ja siirretään GRT1-AD2 arvot VR-muuttujiin. Arvojen päivitys tapahtuu jatkuvasti käyttäen apuna silmukkaa (loop):

```
loop:                  ' silmukan alku

    VR(400)=AIN(0)      ' analogia tulojen tallentaminen
    VR(401)=AIN(1)      ' muuttujiin
    SPEED AXIS(0)=0.5    ' akselin kierrosnopeus 8192x0.5, eli
    SPEED AXIS(1)=0.5    ' kierrokseen kuluu aikaa 2s.

    IF VR(110)=1 THEN    ' käsiajo aliohjelmaan siirtyminen
        GOSUB kasiajo
    ENDIF

    IF VR(110)=0 THEN    ' stop – aliohjelmaan siirtyminen
        GOSUB stop_nappi
    ENDIF

    GOTO loop            ' silmukan alkuun siirtyminen
```

Käsiajo – aliohjelmassa ohjataan X - ja Y – akseleita lukemalla analogiatulojen arvoja ja vertailemalla niitä annettuihin lukuihin. Akselin pyörimissuunta riippuu vertailulausekkeissa toteutuneisiin ehtoihin. Esimerkissä on akselin 1 ohjaus (AXIS 1).

kasiajo: ' aliohjelma: x akselin JOYSTICK ohjaus

```
IF VR(400)<2000 AND x_oik=0 THEN
    x_oik=1
    FORWARD AXIS(1)      ' liike oikealle
ENDIF
```

```
IF VR(400)>3000 AND x_vas=0 THEN
    x_vas=1
```



```

        REVERSE AXIS(1)      ' liike vasemmalle
    ENDIF

    IF VR(400)>=2000 AND VR(400)<=3000 THEN
        x_oik=0                ' apumuistipaikan nollaus
        x_vas=0
        CANCEL AXIS(1)        ' liikkeen pysäytys
    ENDIF

RETURN                                ' GOSUB aliohjelmakutsuun paluu

stop_nappi:                            ' stop_nappi - aliohjelma

        CANCEL AXIS(0)        ' peruutetaan akselin ohjaukset
        CANCEL AXIS(1)
        x_oik=0                ' apumuistipaikkojen arvoksi 0
        x_vas=0
        y_et=0
        y_ta=0
RETURN

```

5. Toimintatestaus

Laitteiston kokoonpano ja testaus onnistuivat lähes suunnitelman mukaisesti. Ohjauskeskusten suunnittelussa oli tarkoitus sijoittaa kaikki laitteet samaan keskukseen. Oheiskomponenttien määrä ja johdotusten tilantarve johti kuitenkin kahden erillisen keskuksen käyttöön. Komponenttien sijoitteluun on jatkossa tehtävä pieni muutos. Trajexian servo-ohjain ja energiansyöttö pääsulakkeineen tulee vaihtaa keskenään. Tällä ratkaisulla saadaan mm. energiansyöttökaapelit erilleen ns. signaalikaapeleista. Laitevalmistajan vähimmäisvaatimus etäisyydelle on 300mm. Toinen asennustekninen ongelma oli servomoottoreiden ohjauskaapeleiden läpivientien toteuttaminen. Kaapeleissa oli kiinteät liittimet päissä ja niiden läpiviennit, keskuksesta tiiveysluokka säilyttäen, osoittautui haasteelliseksi. Tässä asennuksessa tiiveysluokka muuttui ja läpivienti toteutettiin keskuksen alapuolisella aukolla. Keskukset on varustettu läpinäkyvillä kansilla, mikä edesauttaa laitteiston havainnollistamista ilman keskuskoteloiden avaamista. Kaapelit on asennettu runkorakenteisiin kiinnitettyihin kouruihin ja niputettu toisiinsa asennus spiraaleita käyttäen.

Etenemä X – liikkeessä on 180 mm / kierros ja välityssuhteella 1:1. Tämä tulee huomioida liike- ja nopeuskomennoissa siten, että servomoottorin akseli kiertää vajaan kaksi kierrosta liikkeen toteutuessa äärirajalta äärirajalle. Maksimipulssimääräksi muodostuu ainoastaan 15 928 pulssia / koko liikealue. Tarkkuutena tämä vastaa noin 0,02 mm / pulssi. P_OT ja N_OT rajat pysäyttävät vahvistimen ohjauksen mikäli ääriraja saavutetaan. X – liikkeen servomoottorin kiinnitys lineaarijohteeseen onnistui kohtalaisesti, mutta mikäli momenttitarve kasvaa tulee kiinnittää huomio moottorin kiinnityksen kiertoliikkeeseen ja tätä kautta mahdollisesti syntyvään virhepoikkeamaan. Hitailla nopeuksilla ja pienillä kuormituksilla tätä ei tapahdu. Enkooderin ja virransyöttökaapeleiden ohjaus energiasiirtoketjun kautta Y – liikkeen servolle kulkevat jouhevasti ja eivät estä liikettä. Y – liikkeen äärirajojen kaapeloinnissa ei huomioitu ns. robottikaapelivaatimusta vaan asennus on tehty normaaleilla anturikaapeleilla. Pidemmässä käytössä tämä saattaa aiheuttaa vianetsintäharjoituksen. Energiasiirtoketjun mitoituksessa on huomioitu mahdollisen 4 mm paineilmaletkun sekä muutaman ylimääräisen raja-anturin asennus Y- liikkeen kelkkaan mahdollisesti asennettavaan tarttujaan tms. pneumatiikkasyylinteriin.

Y – liikkeen kuularuuvien ohjaus tapahtuu ns. ylennysvaihteella. Tämä aiheuttaa kuularuuvien 2,25 kertaisen kiertymän yhtä servoakselin kierrosta kohden. Mitoituksen kannalta tarkempi ja helpommin konfiguroitavissa oleva käyttö olisi saatu aikaiseksi perinteisellä alennusvaihteella. Sovituksen ratkaisi tässä kokoonpanossa jo olemassa olevien laitteiden akselikoot ja niihin saatavat hihnapyörät.

Kokonaisliikematka on Y – liikkeessä 320 mm ja ruuvien nousu 2,5 mm / kierros. Välityssuhteella 1:1 tämä vastaisi 32 servoakselin kierrosta, mutta tällä välityssuhteella kierrokset äärirajalta äärirajalle ovat 14,2 kierrosta. Kokonaisliikkeen aikana enkooderin antamien pulssien määrä on 116 508 pulssia ja teoreettiseksi tarkkuudeksi saadaan noin 0,002 mm. Sähköisellä vaihdelaatikolla on tarkkuus asetettu kuitenkin 0,01 mm. Liikenopeudet on otettava huomioon ohjeistettaessa ja laadittaessa ohjausohjelmia ko. laitteistolle.

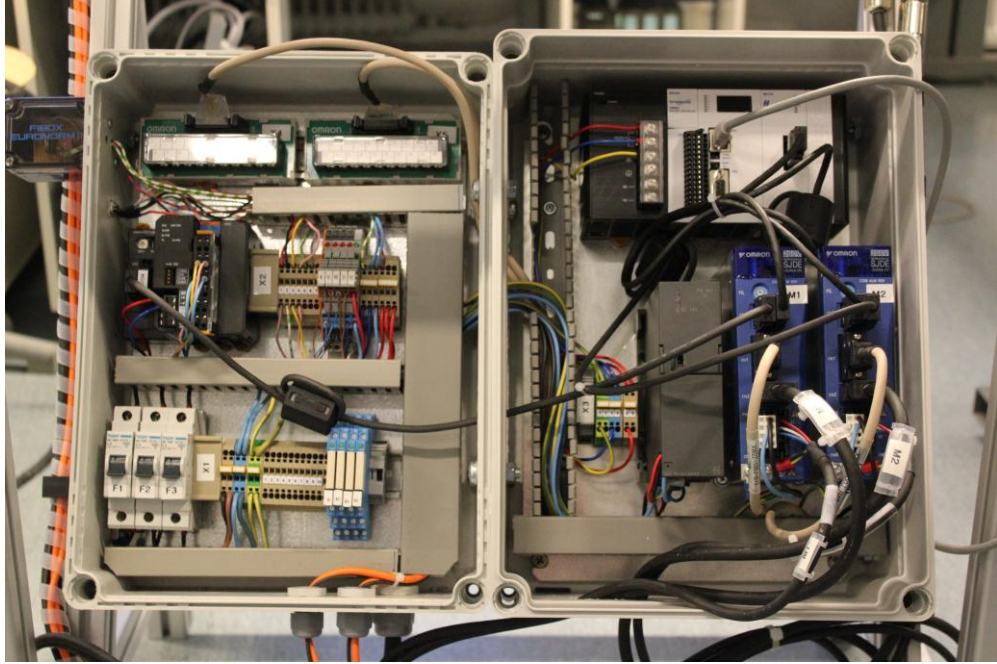
Y – liikkeen servomoottorin voimavälitys on toteutettu hammashihnalla, jonka kiristys tapahtuu servomoottorin jalustaa siirtämällä. Erillistä kiristyspyörää ei tarvita ja tämä ratkaisu osoittautui riittävän kireyden saamiseksi hammashih-

naan. Testauksen aikana huomio kiinnittyi voimanvälityksen suojaamiseen siten, ettei kiilautuminen ole mahdollista. Seuraava asennus laitteeseen tulee olemaan sormisuojaus kattava verkkohäkki tms., kuitenkin niin, että opetuksellinen ja toiminnallinen näkymä säilyy. Myös Y – liikkeen ääriajat anturit odottavat lopullista asennusta, koska ratkaisu perinteisillä 8 mm induktiivisilla antureilla osoitautui huonoksi ja tilaa vaativaksi.

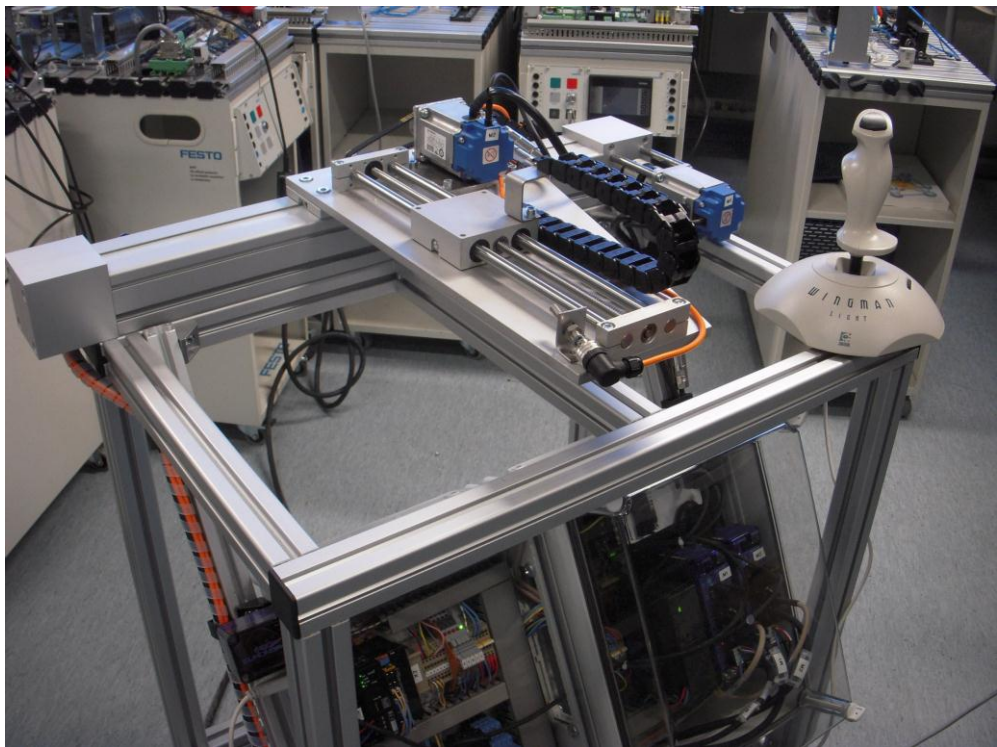
Alkuperäisen ajatuksen mukaista toimilaitetta ei tämän työn puitteissa laitteen Y – liikkeen kelkkaan asennettu. Tulevan toimilaitteen ohjaus on huomioitu siten, että liityntärajapintana olevan Joystickin ns. ”liipaisimet” on johdotettu I/O keskukseen.

Asennuksen, testauksen ja koekäytön aikaisia ongelmia oli seuraavasti:

- Servovahvistimet antoivat hälytyksenä AXISSTATUS ERROR. Virhe ilmaisi sen, että servo ei ole seurannut liikeohjaimen ohjetta. Ongelma poistui kun servovahvistimen maapisteet kytkettiin yhteiseen maahan.
- Servovahvistimet eivät kytkeytyneet päälle. Ongelmana oli ääriajasignaalin (P_OT, N_OT) ja Häätä-Seis signaalin (E-STP) määrittelyt. Koska kyseisiä antureita ei testausvaiheessa, ilman kuormia, ole kytkettynä tulee asetuksissa määrittellä kunkin signaalin kohdalle ”8: Sets signal OFF”.
- GRT1-ML2 analogiamoduulin signaaliasetukseen ei löytynyt asetteluarvoja. Omronin uudemmassa manuaalissa ei DIP kytkimen asetuksia ollut. Omronin kouluttajalta saadussa vanhemmassa manuaalissa asettelut oli määritellyt.
- Koekäytön aikana Y – akseli pelasi moitteettomasti. X – akselin suuremmasta vääntömomenttitarpeesta johtuen se ajautui heti liikkeen alussa värähtelyyn. Vahvistuksen pienentäminen ja integrointiajan kasvattaminen ei värähtelyä poistanut. Omronin tekniseltä tuelta annettu vinkki muuttaa Pn00A, ”Filter Setting”, asetusparametria suuremmaksi pienensi värähtelyä. Parametrilla voidaan asettumisaikaa muuttaa välillä 100 ms – 1000 ms. Myös hammashihnajohteen kireyttä säätämällä saadaan vastusta, eli tarvittavan momentin arvoa pienennettyä



KUVIO 34: Kalustettu I/O -keskus ja servovahvistin- / ohjainkeskus.



KUVIO 36: X-Y liikkeet ja ohjainrajapinta.

6. POHDINTA

Tämä opinnäytetyön aihe, servotekniikka, sai alkunsa uudesta vuonna 2009 voimaantulevasta opetussuunnitelmasta ja tavoitteesta oppia olennaisia, automaatioasentajalle mahdollisesti kuuluvia asioita. Taustalla oli työkokemuksen kautta tullut käytännön tietämys taajuusmuuttajien eli inverttereiden kehityksestä sähkö-ohjaustekniikan komponenttina aina 1980-luvun lopulta näihin päiviin saakka. Vielä 1990-luvun puolessa välissä sivuttiin opetuksellisesti hyvin lyhyesti ja vähillä laitekannoilla taajuusmuuttajilla tapahtuvia moottorin ohjauksia. Aihe ja osaamisvaatimus katsottiin teollisuuden erikoistumisalueeksi ja ns. rintamaopetusta kaikille asentajille ei pidetty koulutuksellisesti tärkeänä. Vajaa kaksi vuosikymmentä jälkeenpäin on taajuusmuuttaja syrjäyttämässä täysin suorat moottoriohjaukset energiataloudellisuuden perusteella, sekä pienentyneiden valmistuskustannusten saattamana. Suorien ja säädettävien moottorikäyttöjen toteutusta taajuusmuuttajilla, kytkentöineen ja parametrien asetteluineen, pidetään asentajakoulutuksessa perusosaamisena.

Onko olemassa perusteita sille, että myös servokäytöt ovat samassa kehityskaarensa alkupäässä, missä taajuusmuuttajat olivat pari vuosikymmentä sitten? Kehityskaaren alkupäällä tarkoitan tässä erilaisia koneautomaation sovelluksia ja erityisesti asentajien näkökulmasta katsottuna. Servotekniikka teknologiana on pitkälle kehittynyt ja usean vuosikymmen aikana monessa yhteydessä käytetty.

Oleellista on, että servotekniikka vaatii sähkötekniikan perusteiden tuntemista ja ymmärtämistä. Anturitekniikan, digitaalitekniikan ja säätötekniikan ymmärtäminen on edellytys servokäyttöjen hallintaan. Digitalisoituminen ja kehittyneet käyttäjäsovellukset madaltavat kynnystä laitteiston käyttöönotolle. Uusimmissa servojärjestelmissä sovellus kysyy käyttäjältä referenssit, liikealueet, rajat ym. ja tekee näiden perusteella asetukset ja koeajot, minkä jälkeen käyttäjä voi tehdä hienosäädöt. Tämä madaltaa käyttäjiltä vaadittavaa osaamiskynnystä, koska monimutkaiset säätö- ja ohjausalgoritmit määritellään ohjelmassa.

Voidaanko olettaa, että asennuksen ja käyttöönoton vaatimukset tulevat asentajien ammattitaitoon sisällytettäväksi? Kuitenkin itse servotekniikka ja sen kehitys teknologiana jää edelleen erityisasiantuntijoiden ydinosaamisalueiksi.

Tässä työssä rakennettu ja toteutettu laitteisto pyrkii vastaamaan siihen ammatitaidon osaan, mitä asentajilta vaaditaan heidän työskennellessään servotekniikan parissa. Laitteisto sisältää ainoastaan minimimäärän komponentteja, mitä yksinkertaisessa X-Y -laitteistossa voidaan paikoituskäytössä edellyttää. Tämä auttaa kokonaisuuden hahmottamisessa ja tekee käyttöönotosta helpon. Trajexin ohjelmointia Multitask Basic kielellä voidaan pitää asentajakoulutuksen osaa-misaluevaatimusten ulkopuolella. Laitteistoon on kuitenkin mahdollisuus laatia yksinkertaisia, nopeasti opittavia ohjelmointi-osioita. Näin opiskelijat pääsevät sisään myös ohjelmoinnin perusteisiin. Oleellisinta asentajille on kuitenkin oppia servolaitteiston mekaaninen ja sähköinen asennus.

Työn tekijälle, eli minulle, tämä opinnäytetyö muodostui haastavaksi. Mitään aikaisempaa käytännön kokemusta ei aiheeseen ollut, ainoastaan suuri mielenkiinto teollisuudessa nähtyihin, joskus hyvinkin nopeisiin ja tarkkoihin laitteisiin. Servoteknologia on laaja alue. Takaisinkytkennän perusteet, servokäyttöjen matemaattiset mitoitus ja ohjelmointi vaativat jokainen oman syvällisen perehtymisen. Myös erilaiset lineaariliikkeen toteutustavat, akselikytkimet ja hihnäkäytöt olivat minulle uusia asioita. Laitetoimittajien kattavat tekniset Internet-sivut ja puhelinkeskustelut auttoivat monen ongelman ratkaisussa.

Työssä ei selvitetty, mistä alan ammattilaiset teollisuuteen syntyvät. Kapea kat-saus muutamaan ammattikorkeakoulun opintosuunnitelmaan paljasti, että servoteknologian osuus kaikesta ammatinopetuksesta on vähäistä tai sitä ei ole ol-lenkaan esimerkiksi pakollisissa aineissa. Työssä olisi voinut toteuttaa suunnitel-mallisen kenttähaastattelun yrityksiin, ja näin saada lisävalaistusta servoteknolo-gian ammattitaitovaatimuksiin eri koulutustasoilla.

Yksi tämän opinnäytetyön suurimmista anneista oli se, että pääsin perehtymään servoteknologiaan, mikä ei aikaisemmissa koulutuksissa ole tullut esille. Tiedon hakutavat ja -mahdollisuudet ovat myös edellisten vastaavien töiden jälkeen muuttuneet oleellisesti. Opiskelijoilla on mahdollisuus laajoihin tietohakuihin yhä laajemmista portaaleista, niin kotimaisista kuin ulkomaisista.

Erityisesti aikuisopiskelijoille suunnatuissa koulutuksissa voisi olla pakollisena lyhyt johdatus tietohakuihin.

Koska kokonaisuuden rakentuminen lähti kehittymään jo olemassa olevan, servo-ohjain ja servot, laitteiston ympärille ei mitoitukselta tullut optimaalinen. Esimerkiksi ns. sähköisen vaihdelaatikon arvoissa liikutaan valmistajan antamien ohjeiden alarajoilla johtuen siitä, että välityssuhteet servokäytöltä lineaarikäyttöille ovat minimaaliset. Kuularuuvikäytössä on rakenteesta johtuen kuularuuvin puolella pienempi hammaspyörä kuin moottorin akselilla. Tämän tulisi olla toisin päin. Myös ohjauskeskusten koko suhteessa tarvittaviin laitteisiin ja komponentteihin on alimitoitettu. Rakenteessa ei voitu noudattaa valmistajan suosittamaa 300 mm vähimmäisetäisyyttä ohjaus- ja energiakaapeleiden välillä, vaan pahimmillaan ne kulkevat vierekkäin samoja reittejä. Tämän työn pohjalta seuraavan laitteiston alkusuunnittelu välityssuhteineen ja liikeratoineen, tulee olemaan kattavampi. Kun tiedetään halutut nopeudet, liikeratojen pituudet, massat ja kiihtyvyydet, voidaan laite optimoida ja mitoittaa tehokkaammin. Myös äärirajantureiden sijainnit ja kiinnitykset tulee miettiä etukäteen.

Liikealueen kokoa ja toteutusta voidaan pitää onnistuneena, samoin servojen kytkeytymistä lineaarikäyttöihin. Laitteistolla voidaan nopeasti havainnollistaa kaikki servokäyttöihin liittyvät osa-alueet komponentteineen. Tässä työssä lopputulos oli kokeilujen ja erehdysten kompromissi.

Paikoituksiin liittyen mielenkiintoinen tutkimuksen ja perehtymisen osa-alue voisi olla uudet taajuusmuuttajasovellukset, erityisesti suorat vääntömomenttisäädöt (direct torque control, DTC) tai edistyneet virtavektorisäätömenetelmät. Ovatko nämä tulevaisuudessa tekniikoita, jotka kilpailevat paikoituksissa servokäyttöjen kanssa?

Lopuksi haluan kiittää Omron Oy:n koulutusvastaavaa Jarmo Paavolaa teknisestä asiantuntemuksesta Trajexian ohjelmoinnissa, kone- ja metallialan opettajaa Ari Lantelaa, joka opiskelijoidensa kanssa antoi mekaanista taustatukea valmistamalle erilaisia kiinnikkeitä tarpeen mukaan sekä vastuupettajaa ja kollegaa Jarmo Isomäkeä ohjauksellisista neuvoista ja näkemyksistä arviointiin.

LÄHTEET

Arene ry. Ammattikorkeakoulujen osallistuminen eurooppalaiseen korkeakoulutusalueeseen. Koulutushjelmakohtaiset kompetenssit. Tekniikan ja liikenteen ala. <http://www.ncp.fi/ects/>

BEI Ideacod. Pulssi- ja absoluuttianturit. OEM AUTOMATIC.

Blom, S., Fonselius, J., Kalliokoski, J., Laitinen, E., Laveri, H., Pekkola, K., Sampo, A., Suosara, E. & Suosara, K. 1991. Koneautomaatio. Mekanisointilaitteet. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Danaher motion. Katalogi. Danaher Corporation.

Fonselius, J., Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1998. Servotekniikka. Helsinki: Edita

Haapala, M. 2008. Sähköisen liikkeenohjauksen mitoitus, käyttöönoton dokumentointi ja pakkauslinjasovellukset. Diplomityö. Lappeenrannan yliopisto.

Heidenhaid. 2010. Encoders for Servo Drives. Katalogi.

<http://tutorialsto.com/index.php/mechine/analog/ultrafast-recovery-diode-three-phase-bridge-rectifier-switch-module.html>

Laki ammatillisesta koulutuksesta 630/1998, asetus ammatillisesta koulutuksesta 811/1998

Lehtonen, Martti. 2000. Servokäytön valinta erikoistyöstökoneeseen. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Mitsubishi Electric Co. 2011. Servo Motor, instruction manual.

Omron. Trajexia machine control system, TJ2-MC64, programming manual.

Opinto-opas. 2010-2011. Nuorten amk-tutkintoon johtavan koulutuksen opinto-opas. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Opintosuunnitelmat ja opintojaksokuvaukset. 2011. Jyväskylän AMK. <http://www.jamk.fi/opiskelijoille/opintoopas/koulutusohjelmat/opetussuunnitelmat>

Opetushallitus. 2009. Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinnon perusteet 11.6.2009.

Rollcon. <http://www.rollco.fi/>

Salminen Keijo. 2000. Mekanisointilaitteet –luentomoniste. Seinäjoen AMK. SKS. Hammashihnäkäytön suunnitteluopas. SKS-Mekaniikka Oy

Synchro, Servo and Gyro Fundamentals. Reprinted from the 1970 edition.
U.S.Navy. University Press of the Pacific.

Thomson Neff. Screw drives –katalogi.

Työohje. 2008. Servojärjestelmän viritys. Automaatio- ja systeemitekniikan laitos.

Verho, Tapio. 1999. Pienmoottoreiden valintaohjeita. Artikkelisarja Optimaatio – sanomissa. Stig Whalström Oy.

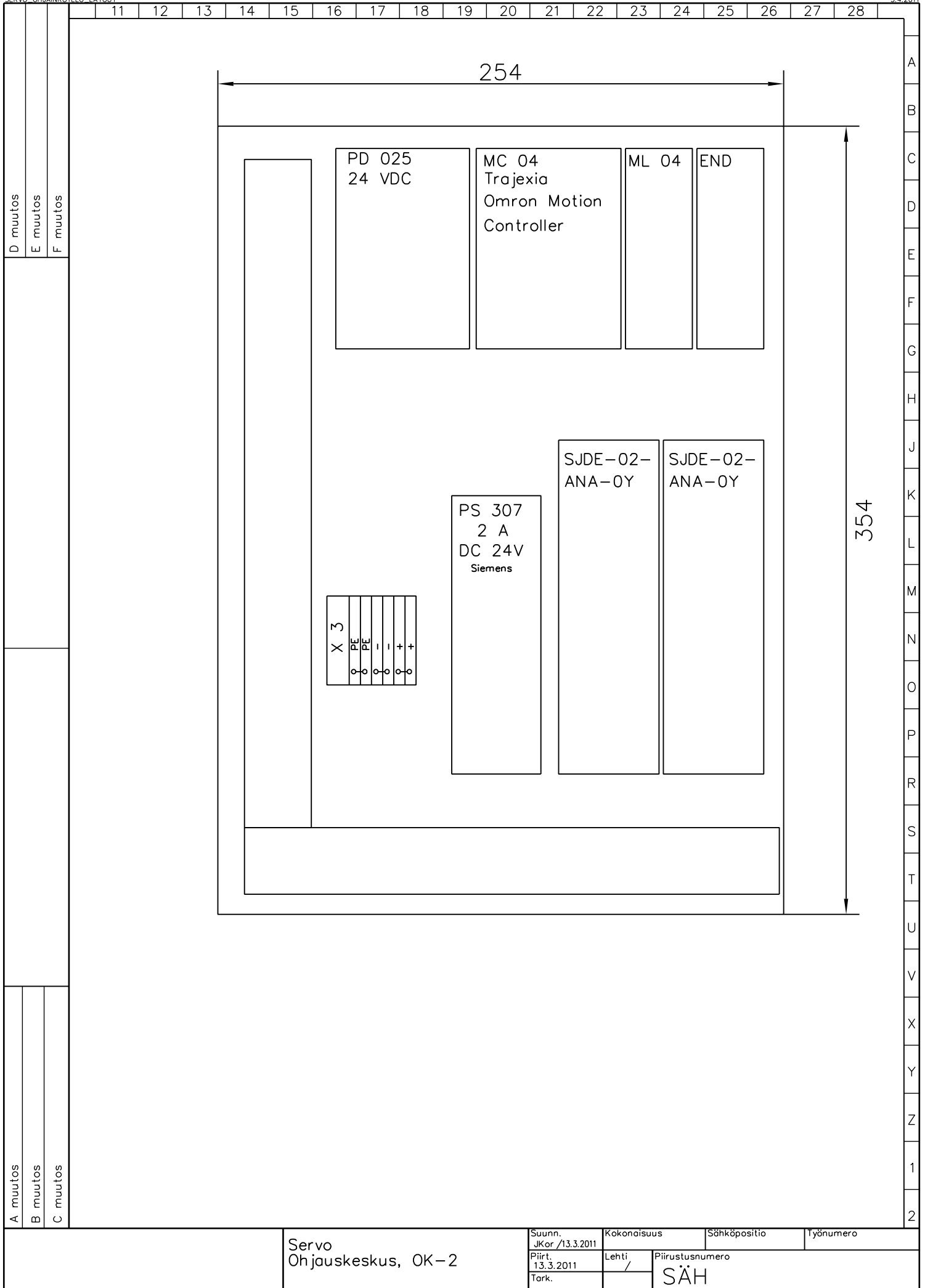
Voss, Wilfried. 2007. A Comprehensible Guide to Servo Motor Sizing. USA: Copperhill Media.

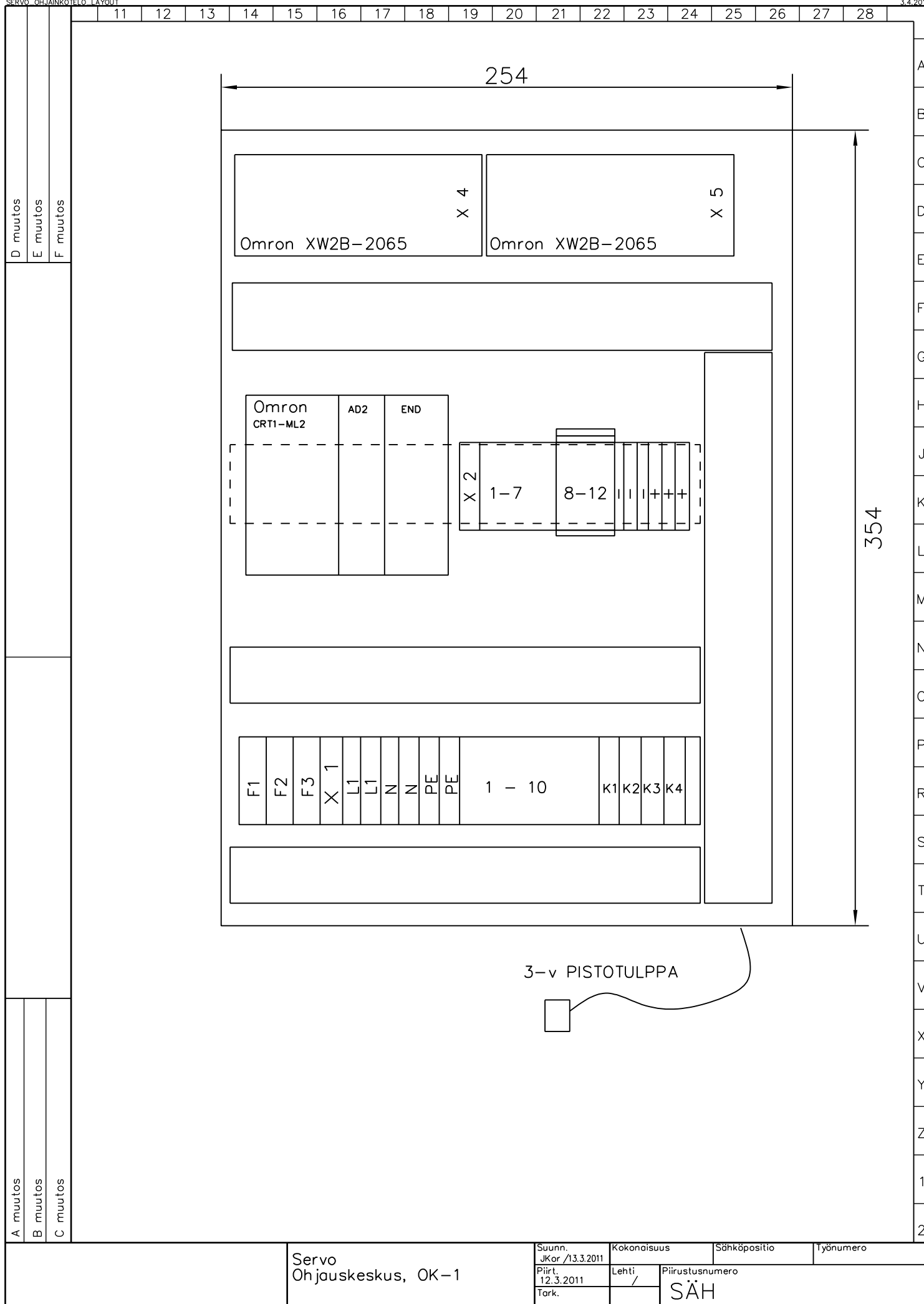
Younkin George W. 1996. Industrial servo control systems, Fundamentals and Applications. USA: Marcel Dekker, INC.

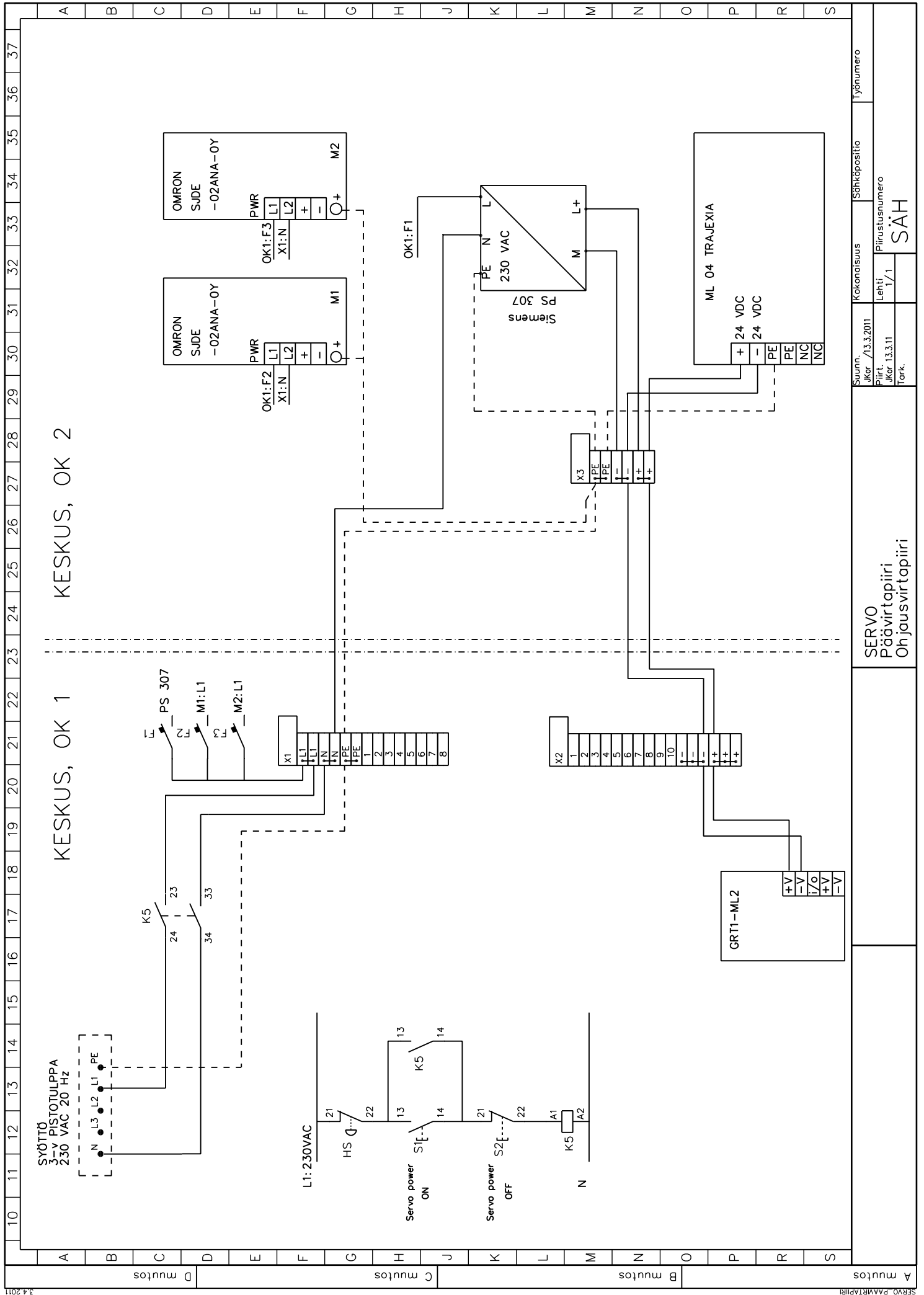
http://www.mechatrolink.org/en/semi_e54/data/SIEPS80000020A_en_semi.pdf

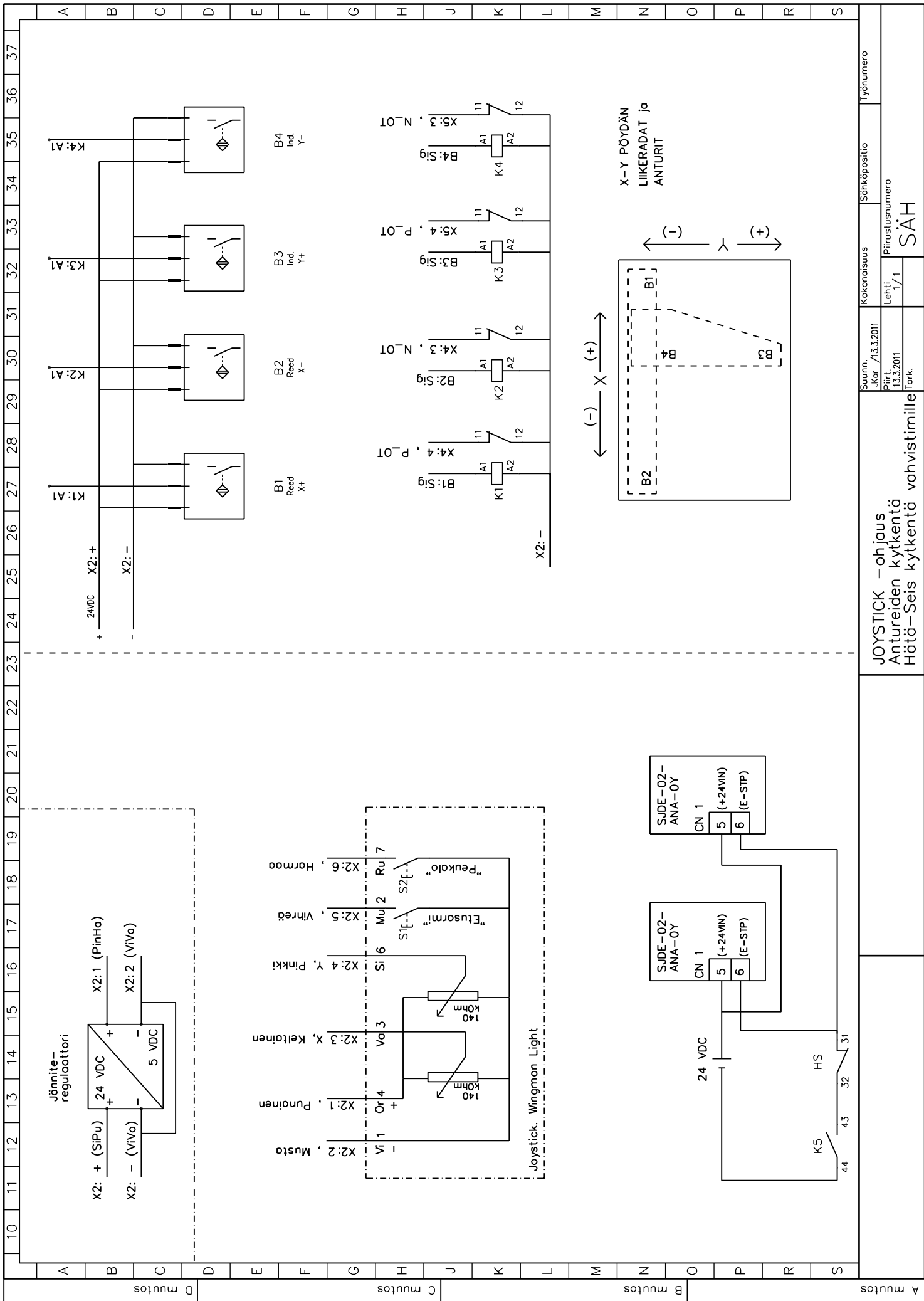
LIITTEET

- LIITE 1: Pääkeskuksen layout.
- LIITE 2: I/O keskuksen layout.
- LIITE 3: Päävirtapiirikaavio.
- LIITE 4: Ohjausvirtapiirikaavio.
- LIITE 5: Laitteiston mekaaninen mittapiirustus.
- LIITE 6: Servomoottorin kiinnitysalusta.
- LIITE 7: Servomoottorin kiinnitysholkki
- LIITE 8: Osaluettelo, 2s.
- LIITE 9: Opetussuunnitelman perusteet, Kappaletavara-automaatio 20 ov.
- LIITE 10: Suunnitelma uuden opetussuunnitelman mukaiselle Robotiikan- ja Servotekniikan toteutukselle.





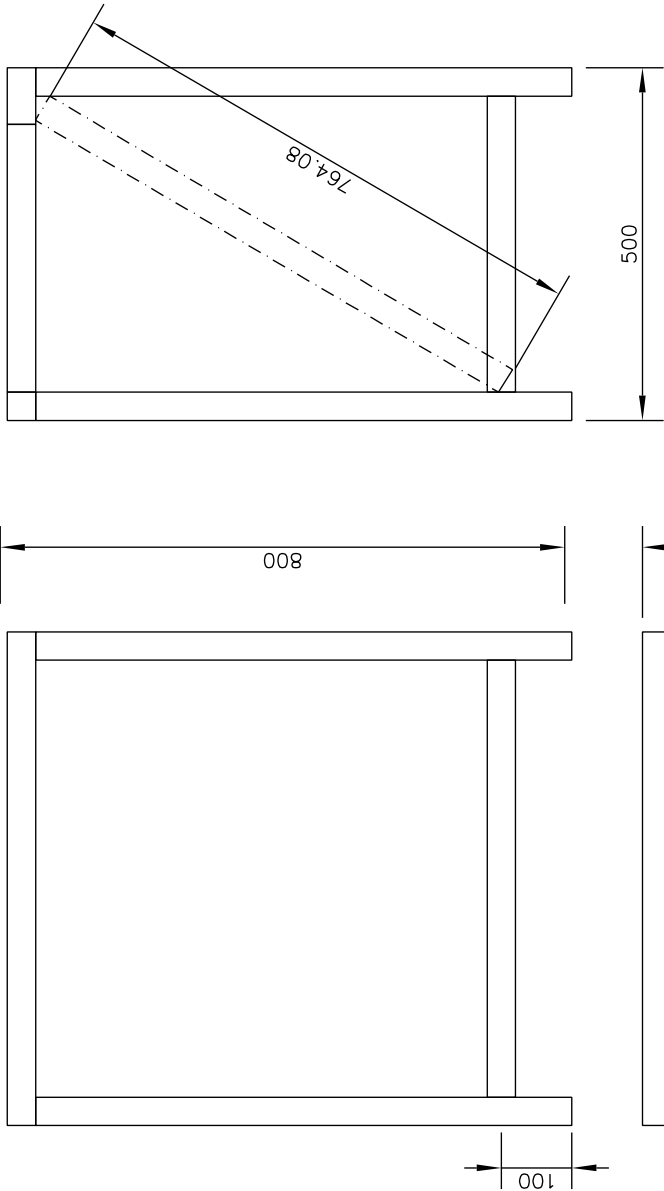




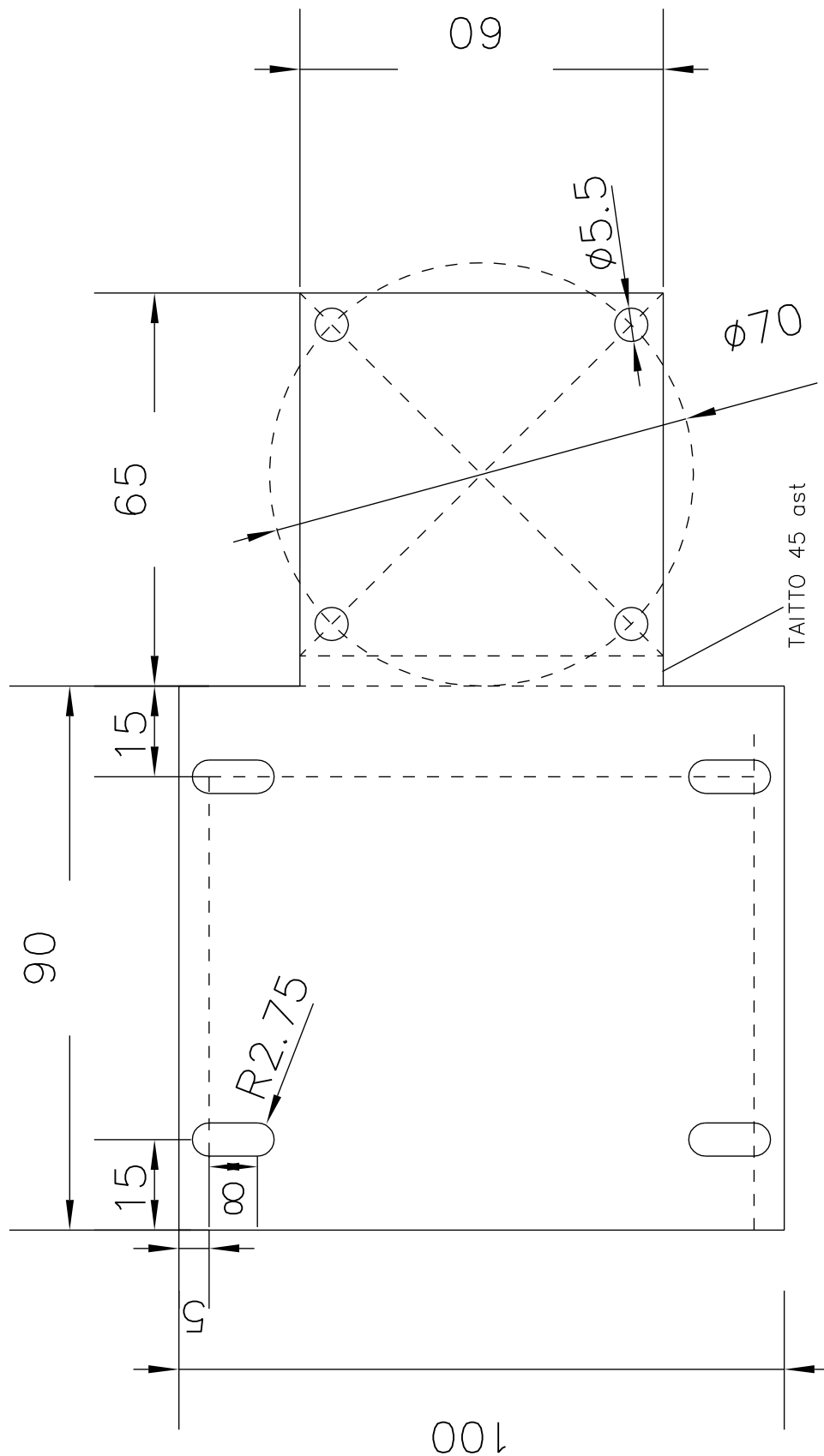
Servolaitteiston runko.


Materiaali:

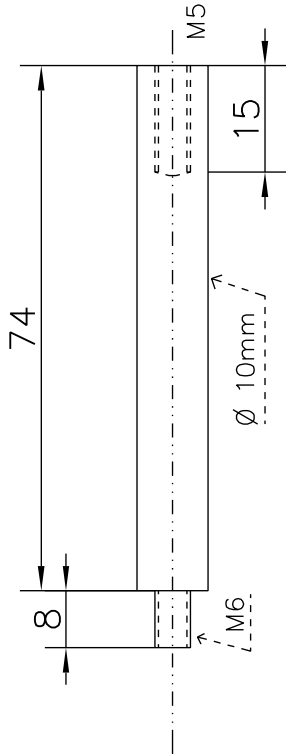
- 40 x 40 alumiiniprofiili, Bosch
- 20 x 80 alumiiniprofiili, Bosch

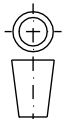


| Osa | Piirustusnumero Tavaratunnus | Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys | Standardi tai luettelo | Muoto, malli,määrä | Laatu | Kpl | |
|------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|-------|-----|------|
| Yleistoleranssit | Mittakaava | | Tuote | Liittyy | | | |
| | | | RUNGON MITTAPIIRUSTUS | | | | |
| | Massa | | | | | | |
| | kg | | | | | | |
| | Piirt. | JKor, 12092010 | | | | | Ent. |
| Suunn. | | | | 1 | | | |
| Tark. | | | | | | | |
| Hyv. | | | | | | | |



| Osa | Piirustusnumero Tavaratunnus | Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys | Standardi tai luettelo | Muoto, malli,määrä | Laatu | Kpl |
|-------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------|-------|------|
| Yleistoleranssit | | Mittakaava | Tuote | Liittyy | | |
| | | 1 : 1 | <div>Servon kiinnitysalusta</div> | | | |
| Piirt. jKor, 12.09.2010 | | | | | | |
| Suunn. jKor | | | | | | |
| Tark. | | | | | | |
| Hyv. | | | | | | |
| | |  | | | Ent. | Uusi |
| | | Massa | | | | |
| | | kg | | | | |



| Osa | Piirustusnumero Tavaratunnus | Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys | Standardi tai luetelo | Muoto, malli,määrä | Laatu | Kpl | |
|-------------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|--------------------|-------|------|---|
| Yleistoleranssit | | Mittakaava 1 : 1 | Tuote | Liittyy | 4 kpl | | |
| | | | | | | | |
| | | | Servomoottorin kiinnitystapit | | | Ent. | 1 |
| | | | | | | Uusi | |
| Piirt. J.Kor , 12032011 | |  | | | | | |
| Suunn. | | | | | | | |
| Tark. | | Massa kg | | | | | |
| Hyv. | | | | | | | |



X-Y SERVOPÖYTÄ

OSALUETTELO

31.3.2011

| Pos. | lkm | | Tyyppi | Valmistaja | Toiminto |
|------|-----|--|------------------------------|---------------------|--------------------------|
| | | MEKANIKA | | | |
| 1 | 1 | Hihnavetoinen lineaariyksikkö | RHL80-350-V250-H14 | Rollco (Heavy Line) | X-liike |
| 2 | 2 | Rajakytkin | RHL-MZEK 25 PSLK L=2,5mm | Rollco | X-liikkeen rajat |
| 3 | 1 | Kuularuuviohjattu lineaariyksikkö | QME12-320 | Rollco Quadro | Y-liike |
| 4 | 1 | Pöydän profiilitangot (800x500x700) | | | Runko |
| 5 | 4 | Kulmakiinnikkeet | RHL6-4040 Angle Bracket | Rollco | Runko |
| 6 | 8 | Kiinnitinruuvien vastakappaleet | RHL8-M8 T-slo nut | Rollco | Runko |
| 7 | 1 | Alumiinilevy moduulien ristiliitokseen | | Rollco | Y-liikkeen kannatinlevy |
| 8 | 1 | HTD-pyörä | 16-3M-09 6F | SKS Mekaniikka | Y-liikkeen kuularuuviin |
| 9 | 1 | HTD-pyörä | 36-3M-09 6F | SKS Mekaniikka | Y-liikkeen servoakseliin |
| 10 | 1 | Hammashihna | Powergrip GT 270-3MR-09 | SKS Mekaniikka | Y-liikkeen voimanvälitys |
| 11 | 1 | Kytkin | SOH-43C D1=14/D2=14 | SKS Mekaniikka | X-liikkeen voimanvälitys |
| 12 | 1 | Energiansiirtoketju | E08.20.028 KETJU IGUS, 0.4m | SKS Mekaniikka | Y-liikkeen kaapelointiin |
| 13 | 1 | Päätysarja | 080.20.12PZ | SKS Mekaniikka | |
| 14 | 1 | Energiansiirtoketju | E08.30.028 KETJU IGUS, 0.7m | SKS Mekaniikka | X-liikkeen kaapelointiin |
| 15 | 1 | Päätysarja | 080.30.12 | SKS Mekaniikka | |
| | | | | | |
| | | KESKUKSET | | | |
| 16 | 1 | Pääkeskus | EKPE 180 T-2FSH BULK | Fibox | Servovahv-+Trajexia |
| 17 | 1 | Korotusrengas | EKPZR | Fibox | |
| 18 | 1 | Asennuslevy | EKPVT | Fibox | |
| 19 | 1 | Läpivientilaippa | MB 10596 | Fibox | |
| 20 | 1 | Laippatiiviste | MK 10438 | Fibox | |
| 21 | 1 | Lukitussangat | MB 10670 | Fibox | |
| 22 | 1 | I/O Keskus | EKPE 130T-2FSH | Fibox | I/O kortit/modulit |
| 23 | 1 | Asennuslevy | EKPVT | Fibox | |
| | | | | | |
| | | SÄHKÖKOMONENTIT , SERVOT | | | |
| 24 | 1 | Hakkuriteholähde 24VDC/3A, PULSE | Hakkuri 24-28V/3A 100-240VAC | OEM Electronics | CS3.241 |

| | | | | | |
|----|----|---|---------------------------------|-------|----------------|
| 25 | 1 | Trajexia Mechatrolink II unit | TJ1-ML04 | Omron | |
| 26 | 1 | Trajexia - ohjausyksikkö | TJ1-MC04 , (cower unit TJ1-TER) | Omron | |
| 27 | 1 | SmartSlice , Communication adaptor | GRT1-ML2 | Omron | |
| 28 | 1 | SmartSlice 2 points analogue input | GRT1-AD2 | Omron | |
| 29 | 1 | SmaetSlice end plate | GRT1-END | Omron | |
| 30 | 2 | Servomoottori | SJME-02AMC41-0Y, 200W | Omron | |
| 31 | 2 | Servovahvistin | SJDE-02ANA-0Y | Omron | |
| 32 | 2 | Power-kaapeli servomoottoreille | JZSP-CHM000-03-ME | Omron | |
| 33 | 2 | Junma servon encoder kaapeli | JZSP-CHP800-03-ME | Omron | |
| 34 | 2 | Mechatrolink II -kaapeli, 0,5m | JEPMC-W6003-A5 | Omron | |
| 35 | 1 | Terminating resistor, Mechatrolink II väylään | JEPMC-W6022 | Omron | |
| 36 | 2 | Terminal block -kaapeli | XW2Z-100J-B19 | Omron | |
| 37 | 2 | Terminal block, 20 point | XW2B-20G5 | Omron | |
| | | | | | |
| | | SÄHKÖKOMPONENTIT , MUUT | | | |
| 38 | 2 | Induktiiviset anturit | | | Y-liike |
| 39 | 2 | Magneettianturit | | | X-liike |
| 40 | 4 | Välirele, 24VDC | | | I/O kytkentään |
| 41 | 30 | Riviliittimet | | | |
| 42 | 4 | Antuririviliittimet | | | |
| 43 | 3 | Automattisulakkeet, 6A | | | |
| | | | | | |
| | | MUUT KOMPONENTIT | | | |
| 44 | | Servon kiinnitysmoduuli | Y-liike | | Sedu, koneos. |
| 45 | | Servon kiinnitysraudat | X-liike | | Sedu, koneos. |
| 46 | | Sähkökeskuksen kiinnitystuet | 30x30 mm, Bosch alu.profiili | | |
| | | | | | |

4.3 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA, AUTOMAATIOASENTAJA

4.3.1 KAPPALETAVARA-AUTOMAATIO (20 ov)

Ammattitaitovaatimukset

Mekaniikka-asennukset

Opiskelija / tutkinnon suorittaja

- tuntee kappaletavara-automaatiossa käytettävien kuljetinratojen, nostimien, pakkauskoneiden, lavaajien ja muiden mekaanisten laitteiden toimintaperiaatteen ja rakenteen.
- osaa tehdä yksinkertaisia mekaanisia kokoamis- ja muutostöitä.
- osaa paikallistaa mekaanisissa laitteissa ilmeneviä vikoja.
- osaa tehdä kuljetinratoihin liittyvien anturien asennuksia ja rakenteisiin liittyviä linjauksia.
- tuntee kappaletavara-automaatiossa käytettävien mekaanisten, pneumaattisten, hydraulisten ja sähkömekaanisten ympyrä- ja lineaariliikeratojen toteuttamisperiaatteet sekä niiden mekaanisen rakenteen periaatteen.

Kappaletavaralaitteistojen laitteiden käyttö- ja ohjaustyöt

Opiskelija / tutkinnon suorittaja

- tuntee ohjaus- ja tiedonsiirtojärjestelmien hierarkian ja toteutusperiaatteet.
- osaa tehdä yksinkertaisia ohjelmia ohjelmoitavalle logiikalle järjestelmien ohjaukseen ja tiedonkeruuseen.
- osaa logiikkaa hyväksi käyttäen käsitellä erilaisia viestejä, esimerkiksi analogisia tulo- ja lähtöviestejä.
- osaa servo- ja askelmoottoriohjauksen periaatteen.
- osaa käytön ja ohjauksen kannalta keskeisimpien mittauksien toteutusperiaatteen ja näiden yksinkertaiset säätö- ja huoltotyöt.

Robottiikkatyöt

Opiskelija / tutkinnon suorittaja

- tuntee yleisimpien robottimallien rakenteen ja liikeavaruuden.
- tietää robottien ohjelmointiperiaatteet ja osaa tehdä yksinkertaisia robotin ohjelmointitöitä.
- osaa kytkeä robottiin liittyviä automaatiolaitteita ja osaa liittää ohjelmallisesti ne robotin toimintaan.
- osaa ottaa huomioon työssään automaattisen toimintaympäristön vaatimat suojaukset ja suojarakenteet.

Käynnissäpito- ja kunnonvalvonta

Opiskelija / tutkinnon suorittaja

- osaa teollisessa toimintaympäristössä käytettävän kunnossapidon toiminnot, tiedonhallinnan ja kunnonvalvonnan.
- tietää ennakoidun huollon merkityksen käynnissä pidolle ja osaa suorittaa huoltotoimenpiteitä kuten voitelua.
- osaa mittauksien, merkkivalojen ja ohjelmallisten työkalujen avulla suorittaa vianetsintää automaatiojärjestelmän mittaus- ja ohjaussovelluksissa.
- osaa analysoida kunnonvalvonnan mittauksista saatua informaatiota, kuten esim. liike, nopeus, kiihtyvyys, lämpötila tai värinä.

KAIKILLE PAKOLLINEN TUTKINNON OSA

KAPPALETAVARA-AUTOMAATIO 20 OV

Kappaletavaralaitteistojen käyttö ja ohjaus, 18 ov

Robottiikka ja Servotekniikka, 2 ov

| | |
|--|---|
| Ammattitaito- vaatimukset | <p>Perustutkinnon perusteiden mukaisesti opiskelija tuntee/osaa:</p> <p>Käyttöönotto</p> <ul style="list-style-type: none">tuntee yleisimpien robotti- ja servo- laitteiden rakenteet, mekaniikan, anturoinnin ja liiketoteutuksettietää laitteiden ohjelmointiperiaatteet ja osaa tehdä yksinkertaisia ohjelmointitöitäosaa kytkeä laitteisiin liittyviä automaatiolaitteita sekä antureita ja osaa liittää ohjelmallisesti ne laitteiston toimintaanosaa ottaa huomioon työssään automaattisen toimintaympäristön vaatimat suojaukset ja suojarakenteet |
| Arvioinnin kohteet | <p>Työprosessin hallinta</p> <ul style="list-style-type: none">oman työn suunnittelu ja suunnitelmien tekeminentuloksellinen ja taloudellinen toiminta (yrittäjäyys) <p>Työmenetelmien, välineiden ja materiaalin hallinta</p> <ul style="list-style-type: none">työmenetelmien hallintatyövälineiden ja materiaalin hallinta <p>Työn perustana olevan tiedon hallinta</p> <ul style="list-style-type: none">piirustusten tulkitseminentyössä tarvittavan tiedon hallinta ja soveltaminen <p>Elinikäisen oppimisen avaintaidot</p> <ul style="list-style-type: none">terveyden, turvallisuuden ja toimintakyvyn huomioon ottaminenoppiminen ja ongelmanratkaisuvuorovaikutus ja yhteistyöammattietiikka |
| Arviointi | <p>Perustutkinnon perusteiden mukaisesti.</p> |
| Ammattitaidon osoittamistavat | <p>Perustutkinnon perusteiden mukaisesti.</p> <p>Opiskelija / tutkinnon suorittaja osoittaa ammattitaitonsa tekemällä kappaletavara-automaatio alan työpaikalla tai muussa mahdollisimman hyvin em. oloja vastaavassa paikassa keskeisen osaamisen perustöitä</p> <ul style="list-style-type: none">kappaletavaralaitteistojen käyttö ja ohjaustöissä taihuolto- ja kunnossapitotöissä |

| | |
|---|---|
| | <p>Työtä tehdään siinä laajuudessa, että ammattitaidon voidaan todeta vastaavan ammattitaitovaatimuksia.</p> <p>Ammattiosaamisen näytöllä arvioidaan vähintään</p> <ul style="list-style-type: none"> • työprosessin hallinta • työmenetelmien, -välineiden ja materiaalien hallinnasta perustyömenetelmien hallinta • työn perustana olevan tiedon hallinta • elinikäisen oppimisen avaintaidoista terveyden, turvallisuuden ja toimintakyvyn huomioon ottaminen sekä ammattietiikka. <p>Siltä osin kuin tutkinnon osassa vaadittavaa ammattitaitoa ei voida ammattiosaamisen näytössä tai tutkintasuorituksessa osoittaa, sitä täydennetään muulla osaamisen arvioinnilla, kuten haastattelujen, tehtävien ja muiden luotettavien menetelmien avulla.</p> |
| Oppimisympäristöt ja -menetelmät | <ul style="list-style-type: none"> • Luennot • Moodle oppimisympäristö • Työsalit Puma ja Mitsubishi robotilla sekä Servolaitteistolla. • Tutustumiskäynnit teollisuuden robotti- ja tuotantosoluihin |
| Oppimateriaali | <ul style="list-style-type: none"> • Luentomonisteet • Muistiinpanot taululta |
| Ohjaukselliset toimenpiteet | <ul style="list-style-type: none"> • Suoritetaan yhdessä muiden ammattiopintojen kanssa. |
| Opintojen ajoittuminen | <ul style="list-style-type: none"> • 3-vuosi |